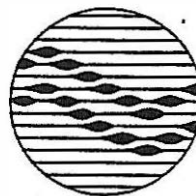


# **TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE**

## **INVENTARISATIE VAN DE BELANGRIJKSTE WATEROVERENDE SYSTEMEN IN HET VLAAMSE GEWEST**

**KONTRAKT RUG  
DEEL I**

INVENTARISATIE VAN DE  
BELANGRIJKSTE WATERVOERENDE  
SYSTEMEN IN HET  
VLAAMSE GEWEST  
KONTRAKT RUG  
DEEL I



geologisch instituut S8  
krijgslaan 281  
B-9000 gent

telefoon 091/644647  
fax 091/644988



AMINAL

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Studie en verslag : Lic. B. DAMIEN  
Lic. I. BOLLE  
Dr. K. WALRAEVENS

Onderzoek : TGO 93005

Datum : mei 1993

## INHOUD

### 1. Algemene Inleiding

- 1.1. Opdracht
- 1.2. Watervoerende systemen
- 1.3. De Waterstanden
- 1.4. Grondwaterwinningen
- 1.5. Grondwaterkwaliteit
  - 1.5.1. Inleiding
  - 1.5.2. De belangrijkste hoofdparameters
  - 1.5.3. De ionenbalans
  - 1.5.4. Grondwaterklassificatie volgens STUYFZAND
- 1.6. Gegevens van drinkwatermaatschappijen
- 1.7. Grondwaterverbruik in de landbouw
- 1.8. Pluviometrie

### 2. Massief van Brabant in West- en Oost-Vlaanderen

- 2.1. Geologie en Hydrogeologie
- 2.2. Representatieve waterstanden
  - 2.2.1. Inleiding
  - 2.2.2. Evolutie
- 2.3. Grondwaterwinningen
  - 2.3.1. Inleiding
  - 2.3.2. Evolutie
- 2.4. Grondwaterkwaliteit
  - 2.4.1. Inleiding
  - 2.4.2. Evolutie
- 2.5. Besluit
  - 2.5.1. Stijghoogten
  - 2.5.2. Kwantiteit
  - 2.5.3. Kwaliteit

### 3. Landeniaan in West- en Oost-Vlaanderen

- 3.1. Geologie en Hydrogeologie
- 3.2. Representatieve waterstanden
  - 3.2.1. Inleiding
  - 3.2.2. Evolutie
- 3.3. Grondwaterwinningen
  - 3.3.1. Inleiding
  - 3.3.2. Evolutie
- 3.4. Grondwaterkwaliteit

- 3.4.1. Inleiding
  - 3.4.2. Evolutie
- 3.5. Besluit
  - 3.5.1. Stijghoogten
  - 3.5.2. Kwantiteit
  - 3.5.3. Kwaliteit
- 4. Ledo-Paniseliaan in West- en Oost-Vlaanderen
  - 4.1. Geologie en Hydrogeologie
  - 4.2. Representatieve waterstanden
    - 4.2.1. Inleiding
    - 4.2.2. Evolutie
  - 4.3. Grondwaterwinnings
    - 4.3.1. Inleiding
    - 4.3.2. Evolutie
  - 4.4. Grondwaterkwaliteit
    - 4.4.1. Inleiding
    - 4.4.2. Evolutie
  - 4.5. Besluit
    - 4.5.1. Stijghoogten
    - 4.5.2. Kwantiteit
    - 4.5.3. Kwaliteit
- 5. Kwartair in West- en Oost-Vlaanderen
- 6. Kustduinen
- 7. Neogene Zanden in Antwerpen en NW-Limburg
- 8. Gegevens van de drinkwatermaatschappijen
- 9. Grondwaterverbruik in de landbouw
  - 9.1. Grondwaterverbruik bij veeteelt
    - 9.1.1. Inleiding
    - 9.1.2. Besluit
  - 9.2. Grondwaterverbruik bij plantenteelt
    - 9.2.1. Inleiding
    - 9.2.2. Besluit
- 10. Pluviometrie
- 11. Algemene Besluiten



## **1. ALGEMENE INLEIDING**

### **1.1. Opdracht**

Met het schrijven van 17.12.92 verzocht de Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap de afdeling Toegepaste Geologie en Hydrogeologie (LTGH) van de Universiteit Gent (RUG) om deel te nemen aan een inventarisatie van de belangrijkste watervoerende systemen binnen het Vlaamse Gewest. Dit kadert in een interuniversitair beleidsondersteunend onderzoek waar nog 3 andere universiteiten aan meewerken, namelijk de Katholieke Universiteit Leuven (KUL), de Vrije Universiteit Brussel (VUB) en het Limburgs Universitair Centrum (LUC). De watervoerende systemen zijn verdeeld op basis van de beschikbare gegevens van elke universiteit.

### **1.2. Watervoerende systemen**

Het LTGH werd opgedragen volgende watervoerende systemen te inventariseren :

- het Massief van Brabant in West- en Oost-Vlaanderen;
- het Landeniaan in West- en Oost-Vlaanderen;
- Het Ledo-Paniseliaan in West- en Oost-Vlaanderen;
- het Kwartair in West- en Oost-Vlaanderen (waar het een significante dikte bereikt);
- de Neogene Zanden van Antwerpen en West-Limburg;
- de Kustduinen.

Het studiegebied beslaat het ganse Vlaamse Gewest behalve Vlaams Brabant.

### **1.3. De Waterstanden**

AMINAL stelde alle peilgegevens van het primair grondwatermeetnet ter beschikking.

Om een representatief beeld te krijgen van de huidige grondwaterstand van elk watervoerend systeem, werden de meest recente gegevens aangewend. Indien het aantal waarnemingen dit toelaat, werden isolijnen getekend.

Daar waar de peilmetingen van het primair meetnet ontoereikend blijken, werden bestaande studies geraadpleegd om de actuele situatie te schetsen.

Om een idee te krijgen van de evolutie van de grondwaterpeilen werden de gegevens gebruikt die beschikbaar waren vanaf het opstarten van de metingen in het primair meetnet. Deze gegevens zijn door AMINAL verwerkt tot grafieken. Er werd ook gebruik gemaakt van de informatie die binnen het LTGH beschikbaar is.

#### **1.4. Grondwaterwinningen**

In de databank van AMINAL bevinden zich alle gekende en vergunde waterwinningen. Deze zijn opgedeeld in categorieën (A = kleine bedrijven (kleine verbruikers), B = de industrie (grote verbruikers), C = de drinkwatermaatschappijen en O de onvergunde bedrijven waarvan AMINAL kennis van heeft).

Een weergave van de debieten per watervoerende laag en per provincie, werd verder opgesplitst in drie verbruikstakken, namelijk de drinkwatermaatschappijen, de industrie en de landbouw.

Ter vergelijking werd dit zowel voor de opgepompte als voor de vergunde debieten weergegeven.

De evolutie van de debieten in de tijd werd, zowel voor vergunde en voor opgepompte debieten, weergegeven.

#### **1.5. Grondwaterkwaliteit**

##### **1.5.1. Inleiding**

Van het primair grondwatermeetnet werden grondwatermonsters geanalyseerd. De resultaten werden in tabellen voorgesteld en geïnformatiseerd. De parameters bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ) en carbonaat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) zijn niet opgenomen in deze tabellen waardoor de ionenbalans als controle op de analyse niet kan toegepast worden.

### 1.5.2. De belangrijkste chemische hoofdparameters (Walraevens, 1993.)

De bepaling van de volgende chemische parameters is een absolute vereiste teneinde een volledig inzicht te hebben in de hoofdkenmerken van een watermonster. Dit betekent echter niet dat de aanwezigheid van hierna niet genoemde elementen (nitraten, nitrieten, zware metalen, ...) in een waterstaal onbelangrijk zou zijn. Integendeel, wat de drinkbaarheid van water betreft, en de eventuele verontreiniging die het vertoont, zijn dergelijke elementen juist van groot belang. Maar de hierna opgesomde lijst beperkt zich tot de hoofdbestanddelen, die meestal aanwezig zijn in de hoogste concentraties, en die de hoofdtrekken van de waterkwaliteit bepalen. Een minimale analyse dient deze in elk geval te omvatten.

pH of zuurtegraad : dient zeker bepaald te worden, liefst bij de monstername.

geleidbaarheid : wordt liefst eveneens bepaald.

totale hardheid : wordt best eveneens bepaald, maar kan doorgaans betrouwbaar berekend worden uit de som van calcium en magnesium.

Belangrijkste kationen :

Natrium

Kalium

Calcium

Magnesium

IJzer

Belangrijkste anionen :

Chloride

Sulfaat

Bicarbonaat

Carbonaat

De belangrijkste kationen en anionen laten toe de ionenbalans op te stellen, die een controle vormt voor de juistheid en de volledigheid (bv. in extreme gevallen van hoge zuurtegraad en

lage mineralisatie kan ook aluminium een niet te verwaarlozen bijdrage opleveren) van de analyse.

De classificatie van STUYFZAND (1986), die reeds haar nut voldoende bewezen heeft, is toepasbaar op de aldus geanalyseerde grondwatermonsters.

### **1.5.3. De ionenbalans**

De ionenconcentraties uitgedrukt in mg/l worden omgezet in me/l door de concentratie van elk ion te delen door zijn respektievelijk equivalentgewicht.

De kationensom en de anionensom, beide in me/l, moeten theoretisch gelijk zijn. Het verschil tussen beide moet klein blijven om over een betrouwbare analyse te beschikken. Als betrouwbaarheidsvoorwaarde kan men onderstaand limiet nemen (DE BREUCK, et al. 1969) (zie ook voorbeeld ionenbalans) :

$$\frac{\sum \text{an} - \sum \text{kat}}{\sum \text{an} + \sum \text{kat}} \leq 5 \%$$

Uitzonderlijk kan bij zeer weinig gemineraliseerde waters deze limietwaarde opgetrokken worden tot  $\leq 10 \%$  om nog over betrouwbare gegevens te kunnen spreken (WALRAEVENS, 1993<sub>e</sub>).

Bij grotere verschillen kan dit wijzen of op een foute analyse of op het feit dat één of meerdere ionen niet zijn opgenomen in de balans maar toch in betekenisvolle hoeveelheden aanwezig zijn.

### **1.5.4. Grondwaterklassifikatie volgens STUYFZAND (WALRAEVENS, 1987)**

Stuyfzand (1986) heeft een grondwaterklassifikatie ontworpen, waarin elk watertype wordt getypeerd door 4 symbolen, die ieder verwijzen naar een klassifikatie-onderdeel.

#### **1.5.4.1. Hoofdtype**

Het eerste symbool in de klassifikatienaam definieert het hoofdtype. Het wordt afgeleid uit het  $\text{Cl}^-$ -gehalte volgens



onderstaande tabel.

Tabel 1. Bepaling van het eerste symbool in de klassificatienaam van een watertype steunend op het chlooridegehalte

Hoofdtype	Code	Cl <sup>-</sup> (mg/l)
zoet	F	< 150
zoet tot brak	F <sub>b</sub>	150 - 300
brak	B	300 - 1000
brak tot zout	B <sub>s</sub>	1000 - 10000
zout	S	10000 - 20000
hyperhalien	H	> 20000

#### 1.5.4.2. Hardheidscode

Het tweede symbool wordt afgeleid uit de totale hardheid volgens onderstaande tabel.

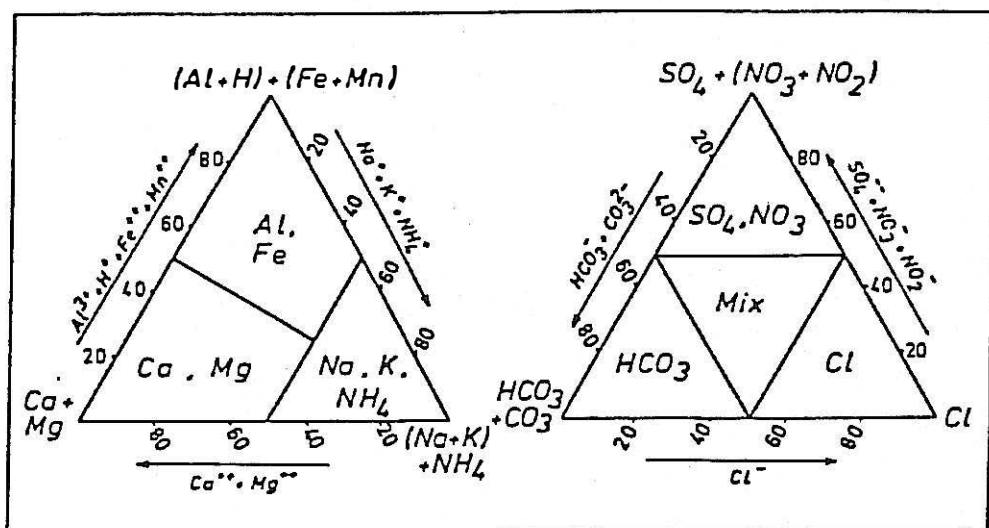
Tabel 2. Bepaling van het tweede symbool in de klassificatienaam van een watertype, steunend op de totale hardheid

Benaming	Code	TH (°F)
zeer zacht	*	< 5
zacht	0	5 - 10
matig hard	1	10 - 20
hard	2	20 - 40
zeer hard	3	40 - 80
uiterst hard	4	80 - 160
uiterst hard	5	160 - 320
uiterst hard	6	320 - 640
uiterst hard	7	640 - 1280
uiterst hard	8	1280 - 2560
uiterst hard	9	> 2560

#### 1.5.4.3. Type

De relatieve verdeling van kationen en anionen is een zeer belangrijk kenmerk voor het herkennen van de processen die de waterkwaliteit bepaald hebben. De belangrijkste kationengroep en anionengroep bepalen het type van een water.

Het derde deel in de klassifikatiennaam bestaat uit 2 delen : de naam van een kation en die van een anion. De bepalingwijze wordt weergegeven in onderstaande diagrammen



Bepaling van het watertype op basis van het proportioneel aandeel van de hoofdkomponenten in de som van de kationen (links) en in de som van de anionen (rechts) in meq/l. Eerst worden de hydrochemische families bepaald die het sterkst vertegenwoordigd zijn. Deze hydrochemische families zijn voorgesteld aan de hoekpunten van beide driehoeken, b.v. de  $((Na+K)+NH_4)$ - en  $(HCO_3+CO_3)$ -families. Vervolgens wordt het sterkst vertegenwoordigd bestanddeel of bestanddelenpaar binnen een familie bepaald, b.v.  $(Na+K)$  en  $HCO_3$ . Tenslotte wordt de sterkste component binnen een paar aangeduid, b.v. Na. De combinatie van b.v. Na en  $HCO_3$  geeft het type weer, hier  $NaHCO_3$ . De paren binnen een familie zijn tussen haakjes geplaatst. De sterkste vertegenwoordigers binnen een familie, die tot nu toe werden aangetroffen, zijn aangeduid in de overeenkomstige velden binnen de driehoeken (STUYFZAND, 1986).

#### 1.5.4.4. Kationenuitwisselingscode

Het laatste symbool in de klassifikatienaam duidt aan of zich in het watertype al dan niet kationenuitwisseling heeft voorgedaan en welke de aard van deze uitwisseling is geweest. De som van  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  en  $\text{Mg}^{2+}$  (meq/l) wordt gekorrigeerd voor de zeewaterbijdrage, afgeleid uit het  $\text{Cl}^-$ -gehalte :

$$(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{verbeterd}} = (\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{gemeten}} - 0,061 \text{ Cl (meq/l)}$$

met

$$\frac{(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg}) \text{ (meq/l)}}{\text{Cl (meq/l)}} = 1,061 \text{ voor gemiddeld oceaانwater.}$$

De kationenuitwisselingscode wordt toegekend volgens het teken van de kationenuitwisselingsparameter  $(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{verbeterd}}$  waarbij rekening wordt gehouden met een foutmarge gelijk aan  $\sqrt{0,5} \text{ Cl}$  (tabel 3).

Tabel 3. Bepaling van de kationenuitwisselingscode

Benaming	Code	Voorwaarde
(Na+K+Mg)-tekort	-	$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} < -\sqrt{1/2} \text{ Cl}$
(Na+K+Mg)-evenwicht	0	$-\sqrt{1/2} \text{ Cl} \leq (\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} \leq +\sqrt{1/2} \text{ Cl}$
(Na+K+overschot	+	$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} > \sqrt{1/2} \text{ Cl}$

#### 1.6. Gegevens voor drinkwatermaatschappijen

De drinkwatermaatschappijen stellen hun data (peilmetingen, analyseresultaten en debieten) ter beschikking teneinde een beeld te verkrijgen van kwantiteit en kwaliteit van het opgepompte grondwater zowel nu als in het verleden (evolutie).

#### 1.7. Grondwaterverbruik in de landbouw

Deze is opgesplitst in het verbruik bij veeteelt en bij plantenteelt. Door AMINAL is ons het drinkwaterverbruik van de veeteelt en de verspreiding per gemeente van het aantal dieren

bezorgd.

De gegevens laten toe een schatting te maken van de hoeveelheid grondwater die door de veeteelt verbruikt wordt.

De summiere gegevens van grondwaterverbruik bij plantenteelt laten niet toe een globaal inzicht te krijgen in de gewonnen debieten.

#### **1.8. Pluviometrie**



## **2. MASSIEF VAN BRABANT IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN**

### **2.1. Geologie en Hydrogeologie**

De diepst onderzochte watervoerende laag in West- en Oost-Vlaanderen wordt gevormd door de gesteenten van het Massief van Brabant van Cambro-Siluur ouderdom (Sokkel). Deze gesteenten bestaan hoofdzakelijk uit kwartsiet en schalies waarvan het bovenste gedeelte barsten en spleten vertoont. De debieten zijn sterk afhankelijk van de dichtheid en de uitbreiding van deze spleten en barsten. De top van de sokkel daalt van ca. - 50<sup>1</sup> m in het zuiden van West- en Oost-Vlaanderen en tot ca. - 450 in de grensstreek met Nederland (GOM, WEST-VLAANDEREN, 1986).

Het niet gespleten gedeelte van het Massief van Brabant mag als ondoorlatend worden beschouwd en vormt de basis van het watervoerend pakket.

Het Massief van Brabant wordt ten zuiden van de lijn Ieper-Avelgem begrensd door het Bekken van Namen (LEBBE, et al., 1988).

### **2.2. Representatieve waterstanden**

#### **2.2.1. Inleiding**

De door AMINAL verstrekte gegevens zijn te beperkt om de lijnen van gelijke stijghoogte te tekenen (15 peilgegevens in West-Vlaanderen en 6 peilgegevens in Oost-Vlaanderen). Daarom werd gebruik gemaakt van de resultaten van een vroeger uitgevoerde hydrogeologische studie (DE BREUCK, et al., 1988) die als basis dienen voor de huidige stijghoogten in het watervoerend systeem. Vooal de peilgegevens van de peilronde uitgevoerd in de zomer 1988 en de daaruit afgeleide stijghoogtekaarten zijn gebruikt. Meer recente peilgegevens (oktober 1992, winter 1993) zijn op de stijghoogtekaart van de zomer

---

<sup>1</sup> Alle peilen in dit verslag worden aangegeven ten opzichte van de Tweede Algemene Waterpassing (m TAW) van het Nationaal Geografisch Instituut.

1988 aangeduid om eventueel verschillen of veranderingen aan te tonen. De stijghoogten in het Massief van Brabant in de zomer 1988 zijn weergegeven in bijlage 1.

### **2.2.2. Evolutie**

De AMINAL-gegevens laten niet toe de stijghoogte-evolutie van het grondwater in het Massief van Brabant te evalueren. In bijlage 2 werden enkele grafieken samengebracht die de stijghoogte-evolutie op korte termijn weergeven.

In DE CEUKELAIRE, et al., 1992 wordt voor enkele steden de stijghoogte-evolutie in de Sokkel besproken.

In Aalst is de stijghoogtedaling aanzienlijk van ca. -30 m TAW tijdens de jaren '60 naar -100 m TAW en lager in 1986. Het grondwaterpeil te Roeselare vertoont een gelijkaardig verloop in de tijd terwijl de peildaling te Oudenaarde meer een constant verloop in de tijd heeft. Sinds de jaren '60 is te Waregem het peil gedaald tot nabij en onder de top van de watervoerende laag (zie fig. 1 tot 4).

Algemeen kan worden gesteld dat vanaf 1965 een versnelling van de stijghoogtedaling optreedt, behalve te Kortrijk en te Ronse waar de verlaging stagneert.

De stijghoogtekaarten vanaf 1910 tot 1986 tonen het bestaan aan van een duidelijke afpompingskegel in het watervoerend systeem.

In het begin van de eeuw waren de stijghoogten steeds in de buurt van +10 à +20 wat praktisch de natuurlijke toestand weergaf (zonder winningen). Nadien merkt men het ontstaan van een kleine depressiekegel die met de jaren dieper en groter wordt. De depressiekegel verplaatst zich in de tijd, eerst in de streek Waregem-Kortrijk tot 1975, nadien rond de as Kortemark-Roeselare-Waregem. Ook in de streek van Aalst is op de kaart van mei 1986 een duidelijke afpompingskegel merkbaar.

Waar de stijghoogten onder de top van het Massief van Brabant dalen, kunnen allerhande reakties in het reservoirgesteente ontstaan (o.a. oxydatieprocessen) die de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden.

Wanneer de gegevens van juni-juli 1988 vergeleken worden met deze van mei 1986 dan is het patroon analoog, behalve de

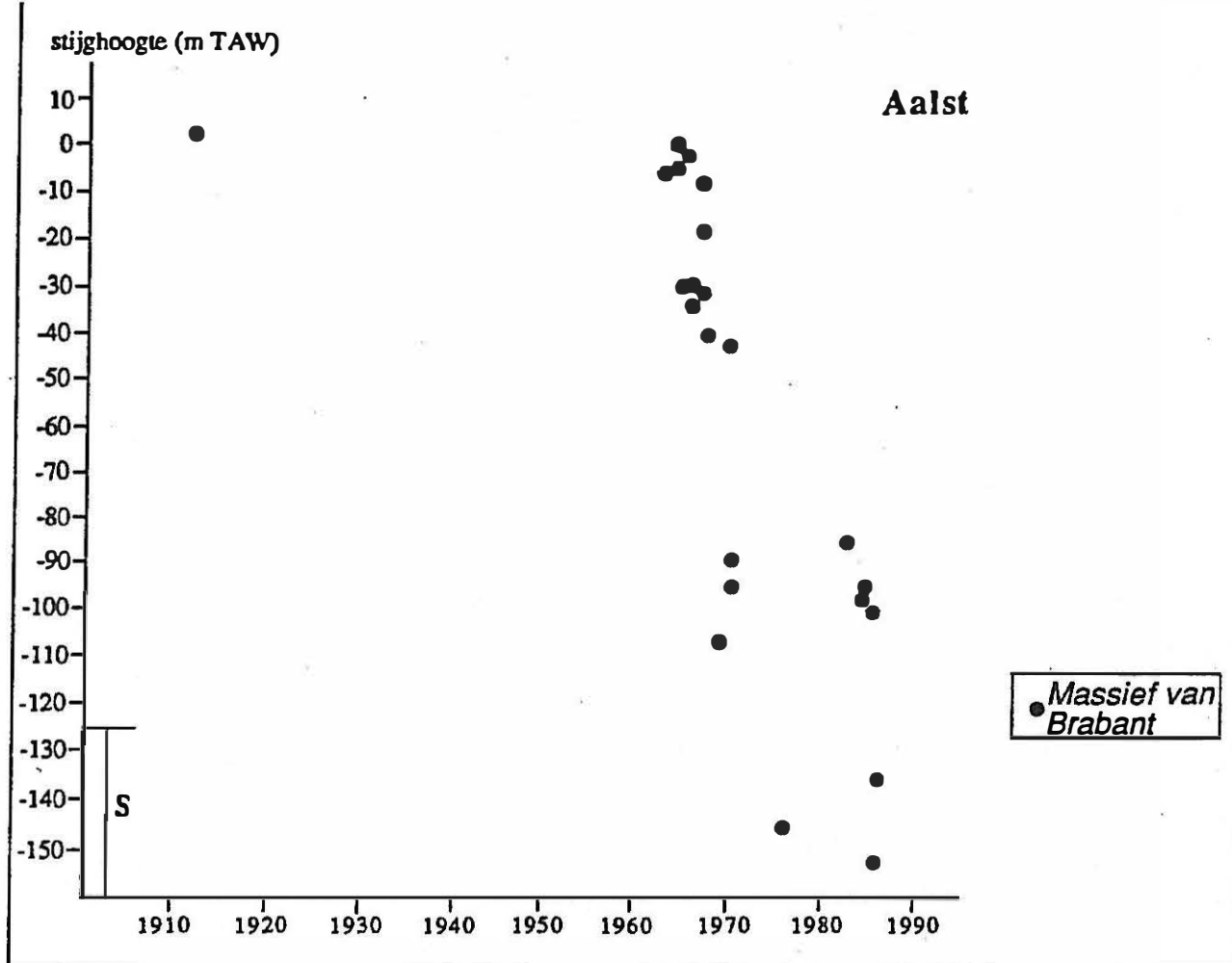


Fig. 1 - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Aalst (DE CEUKELAIRE, et al., 1992)  
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)

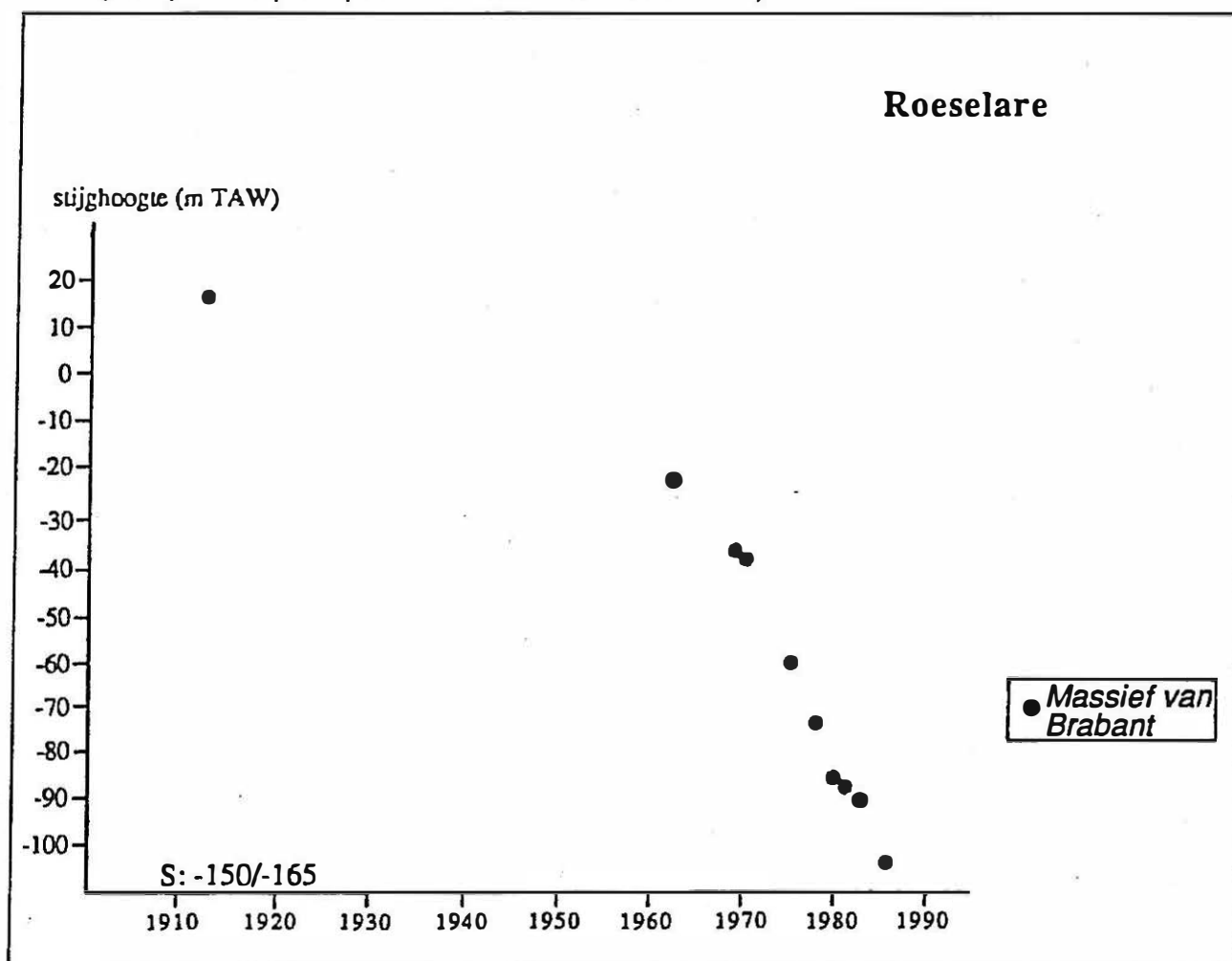


Fig. 2 - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Roeselare (DE CEUKELAIRE, et al., 1992)  
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)

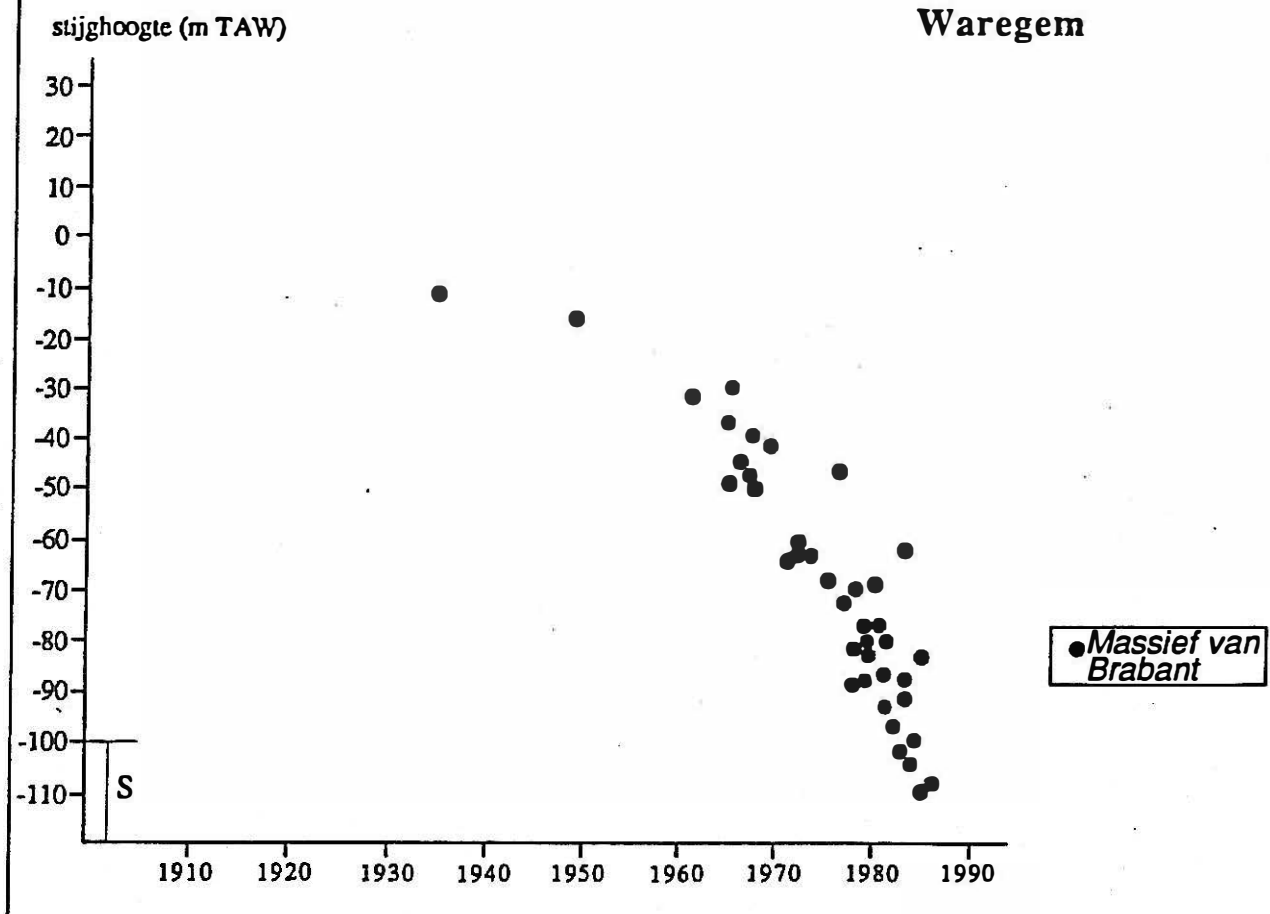


Fig. 3 - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Waregem (DE CEUKELAIRE, et al., 1992)  
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)

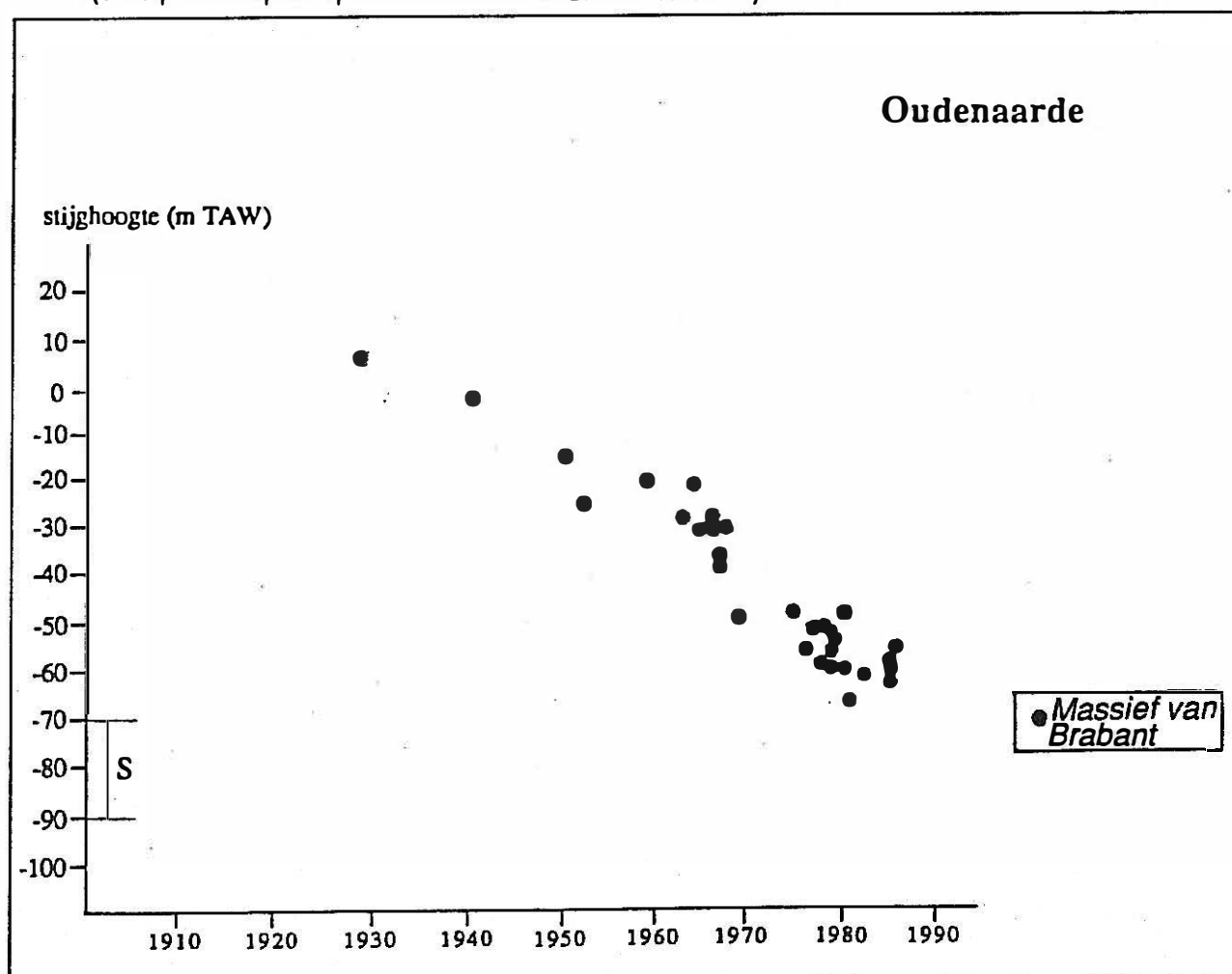


Fig. 4 - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Oudenaarde (DE CEUKELAIRE, et al., 1992)  
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)



depressiekegel rond Aalst.

Dit is het gevolg van het groter aantal waarnemingsgegevens die in 1988 beschikbaar waren, waardoor het gevormde beeld meer betrouwbaar werd.

De stijghoogten in 1988 zijn meestal 1 tot 3 m gedaald ten opzichte van de situatie in mei 1986. Grotere dalingen zijn ondermeer waargenomen te Kortemark, Haaltert, Roeselare, Ninove en Wetteren (DE BREUCK, et al., 1988).

Bij de keuze van nieuwe peilputten voor het primair grondwatermeetnet is het aangewezen met hogervermelde waarnemingen rekening te houden.

Aan de hand van de gekende debieten werd een mathematisch model opgebouwd (LEBBE, et al., 1988). Met dit mathematisch model werd de natuurlijke grondwaterstroming in het Massief van Brabant (dit is zonder winningen) gesimuleerd (figuur 5).

Het grondwater stroomt vanuit het zuidoosten in noordelijke en westelijke richting. Het artesisch karakter van de watervorende laag dat uit het model naar vóór komt, wordt door oude waarnemingen bevestigd.

## **2.3. Grondwaterwinningen**

### **2.3.1. Inleiding**

Het vergund debiet voor een bepaald jaar is de sommatie van de grondwaterhoeveelheden waarvan de einddatum van de vergunning het jaartal overschrijdt (bv. voor 1989 einddatum vergunning  $\geq$  01.01.90). Bij de voorstelling van het vergunde debiet wordt dit opgesplitst in landbouw, industrie en drinkwatermaatschappijen, van het opgepompt debiet wordt landbouw en industrie samen als nijverheid voorgesteld. In onderstaande tabellen (tabellen 4 en 5) worden de meest recente gegevens (1990) uitgedrukt in m<sup>3</sup>/jaar, dit zowel voor opgepompt als voor vergund debiet. Gezien voor West-Vlaanderen de opgepompte hoeveelheden voor 1990 ontbreken, werd bij benadering de waarden van 1989 overgenomen.

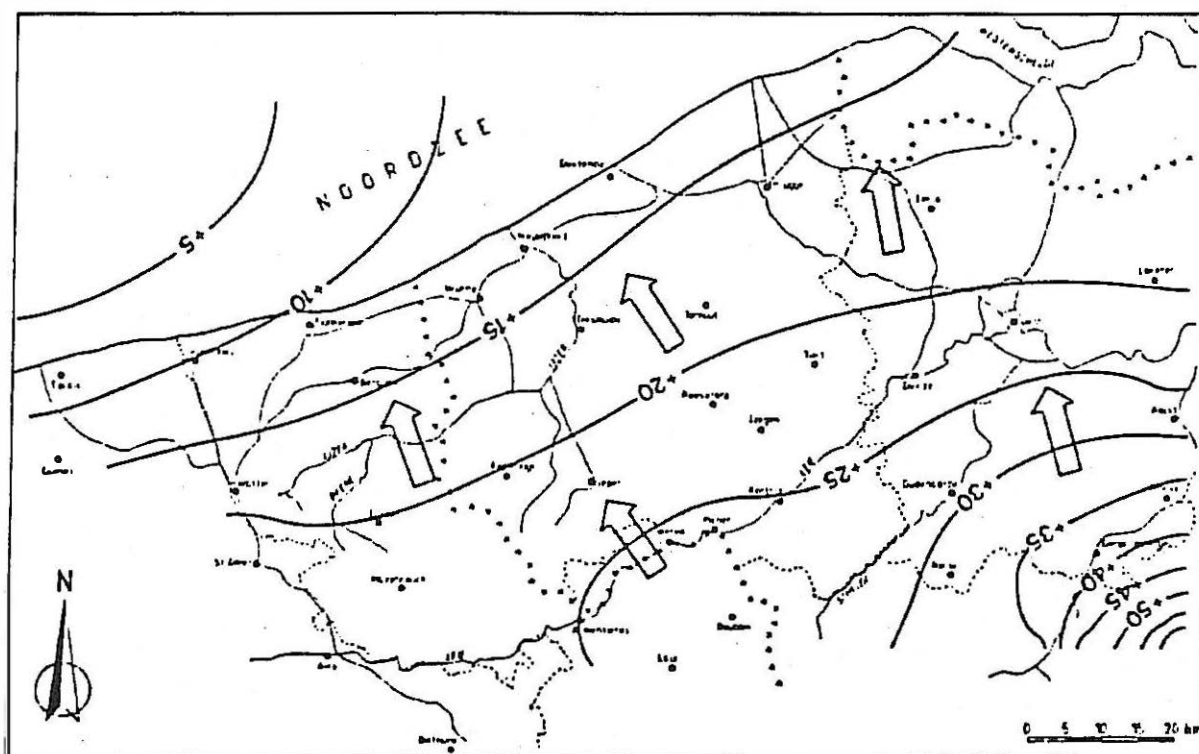


Fig. 5 - Berekende stijghoogten in het Massief van Brabant in natuurlijke toestand (in m TAW) (LEBBE, et al., 1988)

Tabel 4. Massief van Brabant opgepompt debiet 1990

	Aantal instal- laties	Nijver- heid	Aantal installa- ties	Drinkwa- ter
Oost-Vlaanderen	49	2.082.787	1	309.905
West-Vlaanderen	80	3.503.980	0	0 <sup>2</sup>
Totaal	129	5.586.767	1	309.905

Tabel 5. Massief van Brabant vergunde debiet 1990

	Landbouw	Industrie	Drinkwater
Oost-Vlaanderen	5.475	3.519.833	456.000
West-Vlaanderen	8.100	15.428.405	0
Totaal	13.575	18.948.238	456.000

### 2.3.2. Evolutie

Voor de periode 1987 tot 1990 werden de opgepompte en de vergunde debieten per provincie naast elkaar uitgezet en vergeleken (zie tabellen 6, 7 en 8).

---

<sup>2</sup> gegevens van 1989

Tabel 6. Overzicht debieten Oost-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	1.792.711	377.372	2.170.083	5.475	4.274.996	456.000	4.736.471
1988	2.342.142	390.091	2.732.233	5.475	4.274.996	456.000	4.736.471
1989	1.890.884	375.347	2.266.231	5.475	3.798.933	456.000	4.260.408
1990	2.082.787	309.905	2.392.692	5.475	3.519.833	456.000	3.981.308

Tabel 7. Overzicht debieten West-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	2.586.600	0	2.586.600	8.100	16.147.605	0	16.155.705
1988	1.546.168	0	1.546.168	8.100	15.897.605	0	15.905.705
1989	3.503.980	0	2.503.980	8.100	15.549.605	0	15.557.705
1990	3.503.980 <sup>3</sup>	0 <sup>3</sup>	2.503.980 <sup>3</sup>	8.100	15.428.405	0	15.436.505

Tabel 8. Overzicht debieten Oost- en West-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	4.379.311	377.372	4.756.683	13.575	20.422.601	456.000	20.892.176
1988	3.888.310	390.091	4.278.401	13.575	20.172.601	456.000	20.642.176
1989	5.394.864	375.347	5.770.211	13.575	19.348.538	456.000	19.818.113
1990	5.586.767	309.905	5.896.672	13.575	18.948.238	456.000	19.417.813

Voor de nijverheid is er een groot verschil waar te nemen tussen opgepompte en vergunde debieten. Dit vooral in de provincie West-Vlaanderen. De opgepompte debieten schommelen sterk van jaar tot jaar waarbij geen bepaalde evolutie waar te nemen valt. Voor het totale vergunde debiet ziet men op 4 jaar tijd een afname van ongeveer 1.5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar evenredig

<sup>3</sup> gegevens van 1989.



verdeeld over de beide provincies.

Voor de drinkwatermaatschappijen bedraagt het opgepompt debiet maximaal één derde minder dan het vergund debiet.

De debietgegevens van de inventarisatiestudie GOM WEST-VLAANDEREN, 1987 die bijna volledig Oost- en West-Vlaanderen omvat, geven een geschat onttrokken debiet van ongeveer 10 miljoen m<sup>3</sup> uit het Massief van Brabant (sokkel en krijt). Uit de studie LEBBE et al., 1988 blijkt dat het aan de hand van een mathematisch model berekend onttrokken debiet, 18 % hoger ligt. Dit komt neer op ongeveer 12 miljoen m<sup>3</sup> die tijdens 1986 aan de watervoerende laag werd onttrokken. Het totaal vergund debiet van 1986 was 20,9 miljoen m<sup>3</sup>.

Volgens de AMINAL-gegevens van 1987 bedraagt het opgepompt debiet  $4,8 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> en het vergunde debiet  $20,9 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>.

## **2.4. Grondwaterkwaliteit**

### **2.4.1. Inleiding**

Het grondwater van het Massief van Brabant is wegens zijn goede kwaliteit belangrijk voor de industrie in het bijzonder de textiel- en voedingsindustrie.

In WALRAEVENS, et al., 1989 wordt de hydrochemie van het Massief van Brabant uitvoerig bestudeerd en worden de watertypes bepaald volgens STUYFZAND (1986).

Naar analogie met voorgaande studies (WALRAEVENS, 1987 en WALRAEVENS en LEBBE, 1988) wordt verondersteld dat de kwaliteitsverdeling bepaald wordt door het stromingspatroon in de natuurlijke toestand.

De kwaliteit van het grondwater is het resultaat van een vermenging van fossiel zeewater met in het voedingsgebied (zie fig. 6) infiltrerend zoet water en is gekoppeld aan een kationenuitwisseling van het infiltrerend water met de aanwezige kleilagen in de ondergrond (voornamelijk Ieperiaanklei).

Als gevolg van uitspoeling van het zoute poriënwater wordt de sterke mariene invloed opgemerkt in het noorden van het studiegebied met het NaCl-watertype.

Nadien ondergaat het infiltrerend water een belangrijke kationenuitwisseling waardoor het NaHCO<sub>3</sub>- watertype ontstaat wat ten

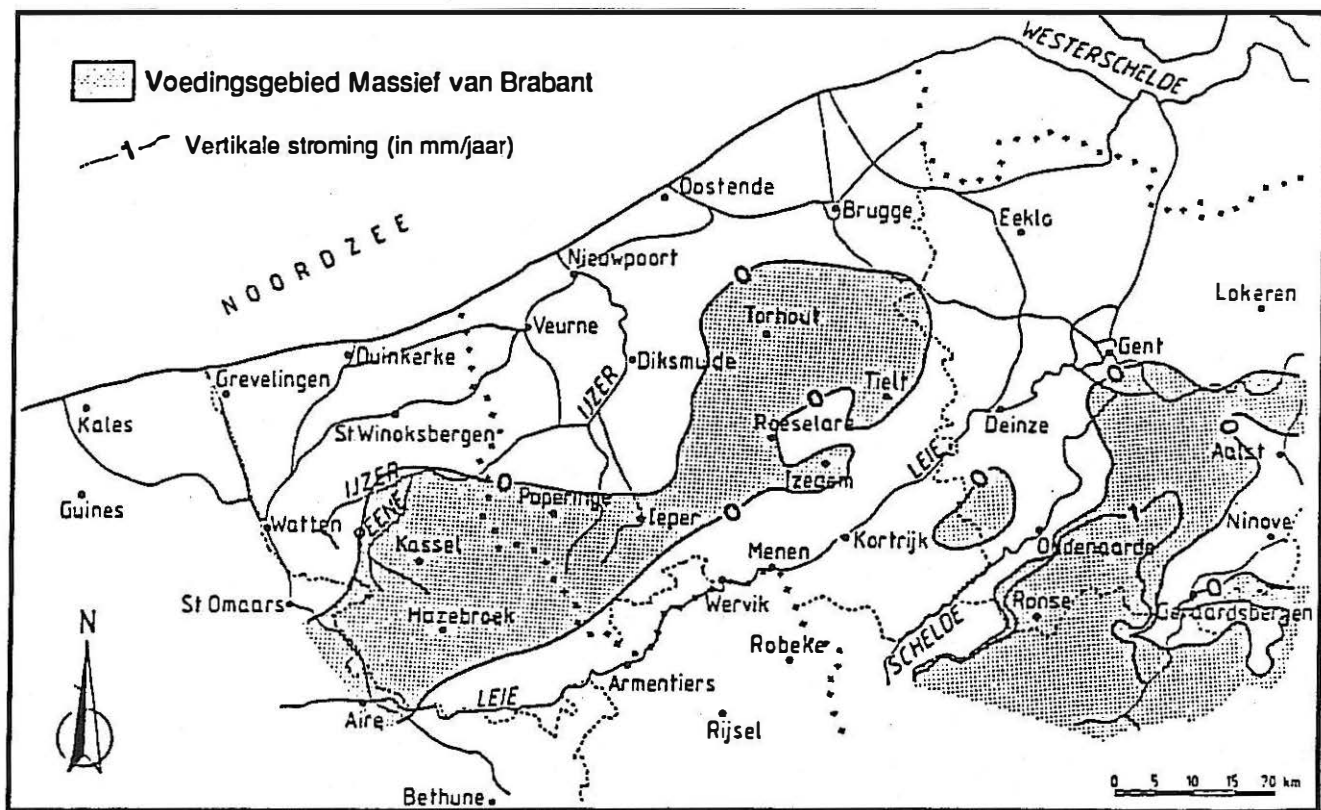


Fig. 6 - Vertikale stroming tussen Massief van Brabant en Landenlaan, berekend met mathematisch model (LEBBE, et al., 1987) (WALRAEVENS, et al., 1989)

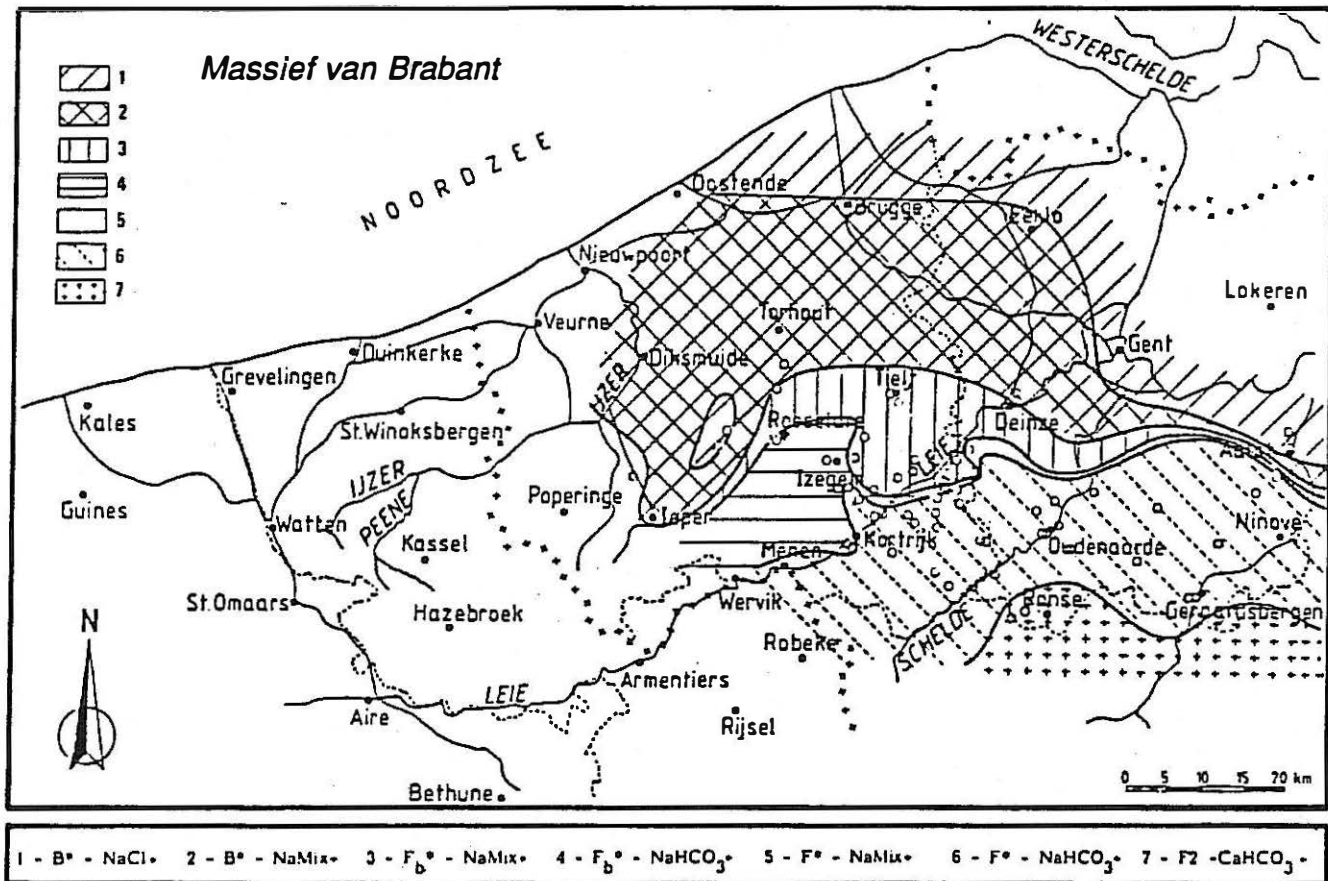


Fig. 7 - Voorkomen van grondwatertypes in het Massief van Brabant (klassificatie volgens STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS, et al., 1989)

zuiden van NaCl-water voorkomt.

In de overgangszone tussen beide watertypes komt Na-Mix water voor.

Als tenslotte het kationenuitwisselingsproces in mindere mate doorgaat wordt het  $\text{CaHCO}_3$ -watertype gevormd.

Ten westen van Roeselare wordt een geïsoleerde lens van  $\text{B}^*$ -NaCl water teruggevonden (WALRAEVEN, et al., 1989). De verspreiding van de verschillende watertypes wordt in fig. 7 weergegeven.

#### **2.4.2. Evolutie**

De grondwaterkwaliteit wordt hoofdzakelijk bepaald door de grondwaterstroming in natuurlijke toestand, dus door het dik pakket van Ieperiaanklei in de hogergelegen gebiedsdelen. De Zuidvlaamse heuvelrij speelt hierin een belangrijke rol (WALRAEVEN, et al., 1989) (fig. 6). De verspreiding van de verschillende watertypes is hoofdzakelijk het gevolg van een verdringen van het aanwezige grondwater in noordwestelijke richting door jonger in het voedingsgebied geïnfiltreerd water. In en vlakbij de voedingsgebieden van Ronse en Geeraardsbergen is het grondwater zoet en hard en met sporen van kationuitwisseling, namelijk het  $\text{CaHCO}_3$ -watertype.

In de toekomst zal dit type water zich verder in noordwestelijke richting uitbreiden en de zachtere, door kationenuitwisseling ontstane waters naar de diepere delen van de watervoerende laag verdrijven.

De dikke Ieperiaanklei met een maximale dikte van meer dan 100 m en zijn grote weerstand (van ca. 1000 d/m) zorgt ervoor dat nog steeds de natuurlijke stromingen de regionale grondwaterkwaliteit bepalen. Evenuele kunnen lokale kwaliteitsveranderingen optreden als een gevolg van de overexploitatie van de watervoerende laag.

### **2.5. Besluit**

#### **2.5.1. Stijghoogten**

Als de peilen van 1986 met deze van 1988 worden vergeleken,

dan is er een algemene verlaging van 1 tot 3 m waar te nemen. Op sommige plaatsen werden nog belangrijker verschillen genoteerd maar het globaal stijghoogte-patroon blijft hetzelfde.

De peilgegevens van AMINAL van 1992 en 1993 komen langs de rand van de hoofddepressiekegel vrij goed overeen met deze van 1988, maar in de kern zijn twee metingen uitgevoerd die ongeveer 40 m lager liggen dan op de stijghoogtekaart van 1988. Dit laatste wijst op een verdere verlaging van de depressiekegel als gevolg van overexploitatie van het watervoerende systeem.

De summierende gegevens van 1992 en 1993, laten niet toe een stijghoogtekaart van het Massief van Brabant te tekenen maar wijzen in sommige gevallen op merkbare verlagingen van 1 tot 3 m in 9 maanden tijd. De peilmetingen zijn verwerkt in grafieken en in bijlage 2 opgenomen.

De plaatsen waar grote veranderingen in stijghoogten op korte termijn gebeuren verdienen extra aandacht.

Het aantal peilputten moet opgevoerd worden om tot een duidelijk beeld van de huidige situatie te komen. Niet enkel door nieuwe peilputten te boren maar ook door het opnieuw in gebruik nemen van bestaande en verwaarloosde peilputten. Bij de keuze van nieuwe peilputten voor het primair grondwatermeetnet dient met de reeds opgedane kennis rekening te worden gehouden.

### **2.5.2. Kwantiteit**

De opgepompte debieten van de nijveheid schommelen sterk van jaar tot jaar, vooral in West-Vlaanderen (2,5 miljoen m<sup>3</sup> in 1987, 1,5 miljoen m<sup>3</sup> in 1988 en 3,5 miljoen m<sup>3</sup> in 1989). Er moet echter op gewezen worden dat het aantal bedrijven dat de debieten opgeeft sterk schommelt, en dat dit gedeeltelijk de fluctuatie kan verklaren.

Daarom moeten de gegevens met de nodige omzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Een kleine daling van het totaal vergund debiet is merkbaar, zowel in totaliteit als voor elke provincie apart.

Uit het verschil tussen de gegevens van het onttrokken debiet van 1986 (GOM, WEST-VLAANDEREN, 1987) namelijk ± 10 miljoen m<sup>3</sup>

en het totaal vergund debiet van 1986, namelijk  $\pm 20$  miljoen m<sup>3</sup>, blijkt dat in 1986 ongeveer 50 % van het vergunde debiet is onttrokken. Het via een mathematisch model berekende onttrokken debiet (LEBBE, et al., 1988) is ongeveer 60 % van het vergunde debiet.

Als wij de waarden van de jaren 1987 tot 1990 bekijken, valt op dat het opgepompte debiet slechts ongeveer 25 % van het vergunde debiet beslaat.

Het is onwaarschijnlijk dat het onttrokken debiet van 1987 bijna is gehalveerd ten opzichte van 1986.

Er is duidelijk nood aan meer accurate gegevens wat betreft onttrokken debieten, deze kunnen dan via mathematische modellering worden getoetst aan de waargenomen stijghoogten.

Op deze manier kan een beter inzicht verkregen worden in de evolutie en wordt het maken van prognoses eenvoudiger.

### **2.5.3. Kwaliteit**

De regionale grondwaterkwaliteit van het Massief van Brabant wordt bepaald door de natuurlijke grondwaterstromingen. Het meest recent in het voedingsgebied geïnfiltreerd water zal de oudere aanwezige watertypes in noordwestelijke richting verdringen.

Daar waar de grondwaterpeilen onder de top van de watervoerende laag komen kunnen indien er langs de filteropeningen lucht in het reservoirgesteente komt, oxidatieprocessen op gang komen die een toename van ionen veroorzaken. Deze kan de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden.

### **3. LANDENIAAN IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN**

#### **3.1. Geologie en Hydrogeologie**

Het Landeniaan vormt de oudste tertiaire afzettingen waarvan het bovenste watervoerende gedeelte uit zand bestaat en het onderste voornamelijk uit klei is opgebouwd en slecht doorlatend is. De watervoerende laag is steeds bedekt door de Ieperaanklei binnen het studiegebied, enkel ten zuiden van de Frans-Belgische grens dagzoomt het Landeniaan (DE BREUCK, et al., 1990).

De watervoerende laag helt algemeen in noord-noordoostelijke richting.

De diepte waar het Landeniaan voorkomt, is geringer in het zuiden (ongeveer 50 m), maar loopt op in het noorden tot ongeveer 300 m.

In het zuiden vormt het Landeniaan de eerste belangrijke watervoerende laag. Vele bedrijven putten hun water hieruit alhoewel de specifieke capaciteit zich beperkt tot 0.1 à 0.7 m<sup>3</sup>/h per m (DE BREUCK, et al., 1990).

#### **3.2. Representatieve waterstanden**

##### **3.2.1. Inleiding**

Naar analogie met het Massief van Brabant is de stijghoogtekaart van 1988 uit de recente hydrogeologische studie van DE BREUCK, et al., 1988 als basis gebruikt om het huidige beeld van de grondwaterpeilen te schetsen. De zeven peilgegevens van maart 1993 van Oost-Vlaanderen en de zes peilen van januari 1993 van West-Vlaanderen van het primair meetnet van AMINAL zijn bijkomend aangebracht op de kaart om eventuele veranderingen ten opzichte van de toestand in de zomer 1988 duidelijk te maken (zie bijlage 1).

##### **3.2.2. Evolutie**

Het beperkt aantal waarnemingen in de tijd die in het kader van het primair netwerk zijn gebeurd, laat enkel toe korte

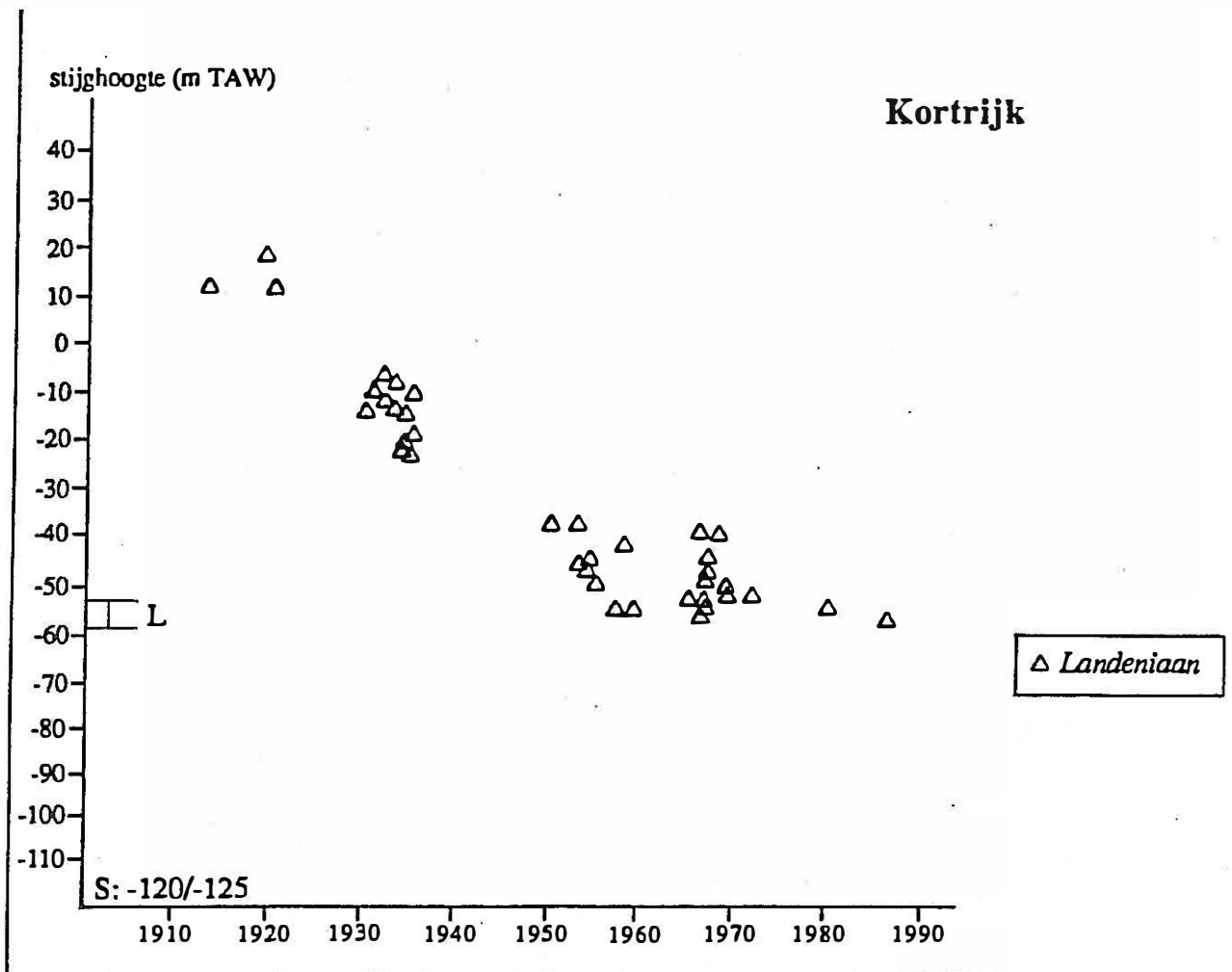


Fig. 8 - Evolutie van de stijghoogten in het Landeniaan te Kortrijk (DE CEUKELAIRE, et al., 1992)  
(L=diepte waarop de top van het Landeniaan voorkomt)

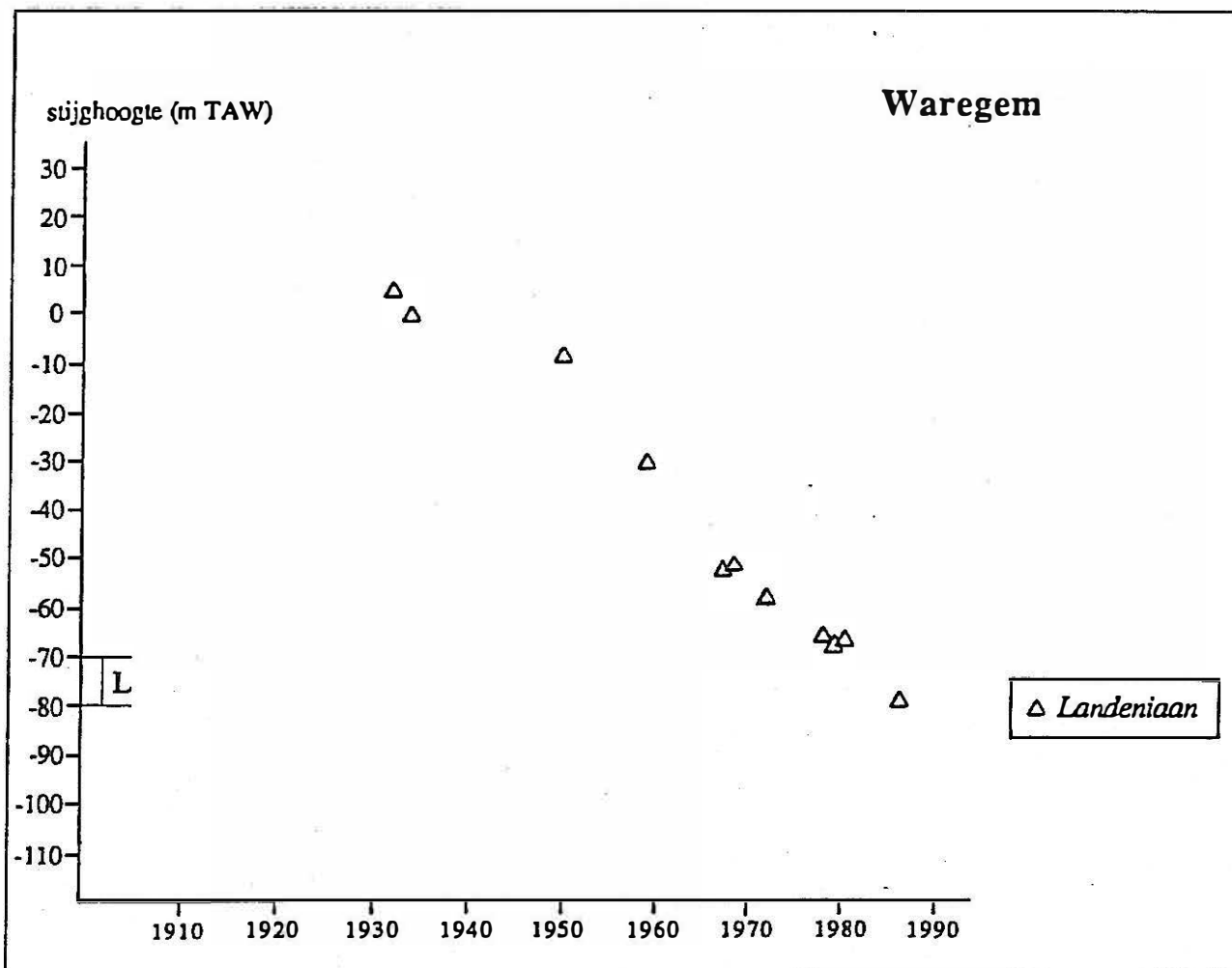


Fig. 9 - Evolutie van de stijghoogten in het Landeniaan te Waregem (DE CEUKELAIRE, et al., 1992)  
(L=diepte waarop de top van het Landeniaan voorkomt)

termijn veranderingen te herkennen. Enkele grafieken zijn in bijlage 2 opgenomen.

Ook voor het Landeniaan kan de studie van DE CEUKELAIRE, et al., 1992 als basis dienen voor een globale evolutie van de stijghoogten weer te geven.

Voor enkele belangrijke steden zijn er peilmetingen voorhanden die ver teruggaan in de tijd en die in tijd-stijghoogtegrafieken zijn verwerkt. De verlaging in Waregem is constant in de tijd, het peil daalt van rond 0 m TAW in juni 30 tot -70 m TAW in 1986 (zie fig. 9).

Te Kortrijk daalde het grondwaterpeil van +10 m TAW in de jaren 1920 naar -10 m TAW in de jaren 1930 en deze dalende trend zet zich voort tot in de jaren 1960. Vanaf de jaar 1960 is geen verder belangrijke verlaging van de stijghoogten waar te nemen, de toestand is er stabiel geworden (zie fig. 8).

Als de stijghoogtekaarten van het Landeniaan in de loop der jaren grondig worden bekeken, dan kan de evolutie mooi gevolgd worden.

In 1920 schommelen de meeste waarnemingen tussen de +10 en +20 m TAW dat zeer dicht bij de natuurlijke situatie aanleunt wanneer geen winningen in de watervoerende laag gebeuren. Vanaf 1930 merken we het ontstaan van een afpompingsstrecther in de buurt van Kortrijk met een dalende trend die zich voortzet. In 1950 heeft het zwaartepunt zich verplaatst naar het noorden toe. Tien jaar later (1960) is de afpompingsstrecther niet verdiept maar wel opmerkelijk breder geworden.

In 1970 is de trechter dieper en groter geworden ten overstaan van 1960 en zijn er kleine afpompingsstrecthers bijgekomen rond Veurne, Diksmuide en langs de Frans-Belgische grens. Nadien is er een verder daling van de hoofddepressiekegel te merken. In 1986 bereikt de hoofddepressie een peil van -70 m TAW tussen Roeselare en Waregem en daalt het peil te Poperinge tot ongeveer -50 m TAW. Ook de kern van de kegel te Veurne is tot -30 m TAW verlaagd.

Vanaf 1965 is er een versnelling van de stijghoogtedaling merkbaar en neemt de invloed van Kortrijk op de dalingstrend af net zoals in het Massief van Brabant.

In grote trekken geeft de stijghoogtekaart van 1988 een gelijkaardig beeld als dat van 1986, maar de meeste peilen zijn



1 à 2 m gedaald ten opzichte van mei 1986. Grotere verschillen zijn opgemeten te Ieper, Vleteren, Koekelare, Zonnebeke en Kortemark.

Naar analogie met het Massief van Brabant is er gepoogd via mathematische modellering (LEBBE, et al., 1988) een beeld te vormen van de stijghoogten in het Landeniaan in natuurlijke omstandigheden. De toestand zonder winningen (zie fig. 10) waar het grondwater in noord-noordwestelijke richting stroomt. Deze situatie, waar het artesisch karakter duidelijk naar voor komt, wordt door de oude waarneminggegevens bevestigd.

### 3.3. Grondwaterwinningen

#### 3.3.1. Inleiding

De debieten van een bepaald jaar is de sommatie van al de vergunde debieten waarvan de einddatum het jaartal overschrijdt.

De vergunde debieten worden onderverdeeld in landbouw, industrie en drinkwatermaatschappijen; voor wat de opgepompte debieten betreft, worden landbouw en industrie samen als nijverheid voorgesteld.

Hieronder volgen de meest recente gegevens van 1990, zowel opgepompt als vergund debiet, uitgedrukt in m<sup>3</sup>/jaar. Voor West-Vlaanderen ontbreken de opgepompte debieten van 1990 en de waarden van 1989 werden overgenomen.

Tabel 9. Landeniaan opgepompt debiet in 1990

	Aantal installaties	Nijverheid	Aantal installaties	Drinkwater
Oost-Vlaanderen	16	191.168	0	0
West-Vlaanderen	101	669.840 <sup>4</sup>	0	0
Totaal	117	861.008	0	0 <sup>4</sup>

<sup>4</sup> gegevens van 1989

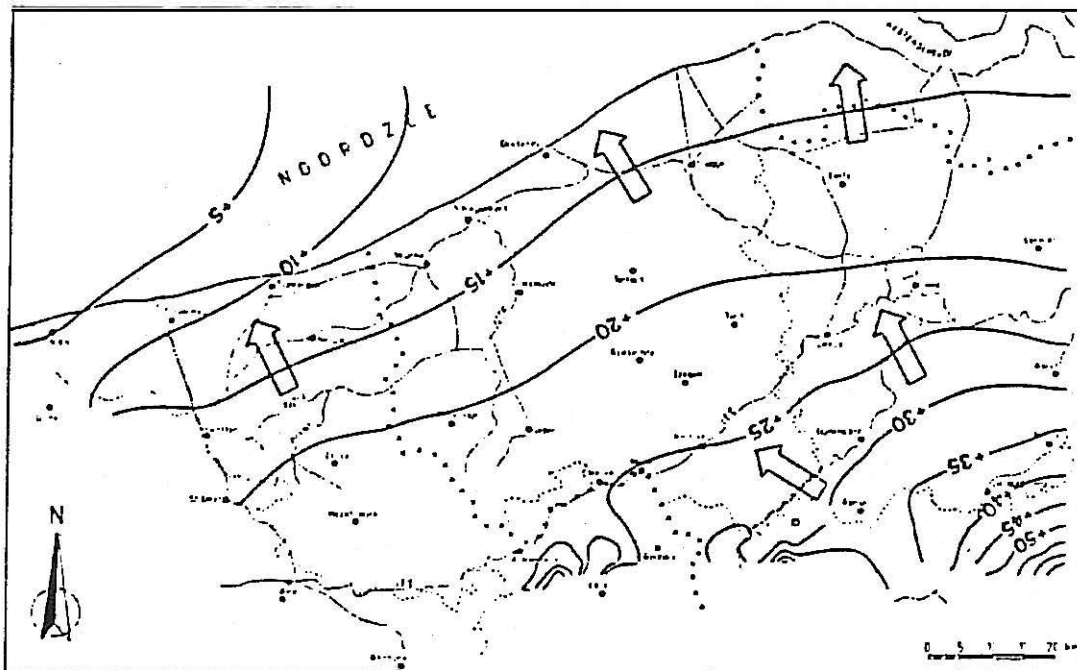


Fig. 10 - Berekende stijghoogten in het Landenian in natuurlijke toestand (in m TAW) (LEBBE, et al., 1988)

Tabel 10. Landeniaan vergunde debiet 1990

	Landbouw	Industrie	Drinkwater
Oost-Vlaanderen	2.555	291.885	0
West-Vlaanderen	57.696	1.133.115	0
Totaal	60.251	1.375.000	0

### 3.3.2. Evolutie

Van 1987 tot 1990 werden de gegevens over opgepompt en vergund debiet per provincie naar voor gebracht in onderstaande tabellen 11, 12 en 13.

De cijfers van de opgepompte debieten schommelen sterk van jaar tot jaar en vooral in de provincie West-Vlaanderen. Voor 1990 ontbreken de opgepompte debieten voor deze provincie zodat ter benadering de cijfers van 1989 zijn overgenomen.

De grote schommelingen van het opgepompt debiet laten niet toe een evolutie te herkennen.

Het verschil tussen opgepompt en vergund debiet is soms groot vooral voor West-Vlaanderen waar in 1988 het opgepompte debiet maar 10 % van het vergunde debiet bedraagt.

Uit de inventaris van de putten in West- en een gedeelte in Oost-Vlaanderen (GOM, WEST-VLAANDEREN, 1987) blijkt dat in 1986 ongeveer 1,5 miljoen m<sup>3</sup> uit het Landeniaan werd gewonnen. Aan de hand van een mathematisch model werd een debiet berekend dat 70 % hoger ligt met andere woorden zo'n 2,5 miljoen m<sup>3</sup> voor 1986 (LEBBE, et al., 1988).

Het vergunde debiet van 1986 bedraagt 1.435.251 m<sup>3</sup>

Tabel 11. Overzicht debieten Oost-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	93.130	0	93.130	2.555	241.885	0	244.440
1988	132.663	0	132.663	2.555	241.885	0	244.440
1989	221.755	0	221.755	2.555	241.885	0	244.440
1990	191.168	0	191.168	2.555	241.885	0	244.440

Tabel 12. Overzicht debieten West-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	346.073	0	346.073	57.696	1.133.115	0	1.190.811
1988	110.309	0	110.309	57.696	1.133.115	0	1.190.811
1989	669.840	0	669.840	57.696	1.133.115	0	1.190.811
1990	669.840 <sup>5</sup>	0 <sup>5</sup>	669.840 <sup>5</sup>	57.696	1.133.115	0	1.190.811

Tabel 13. Overzicht debieten Oost- en West-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	439.203	0	439.203	60.251	1.375.000	0	1.435.251
1988	242.972	0	242.972	60.251	1.375.000	0	1.435.251
1989	891.595	0	891.595	60.251	1.375.000	0	1.435.251
1990	861.008	0	861.008	60.251	1.375.000	0	1.435.251

---

<sup>5</sup> gegevens van 1989.

### 3.4. Grondwaterkwaliteit

#### 3.4.1. Inleiding

Om inzicht te verkrijgen in de waterkwaliteit zullen de gegevens van de LTGH aangewend worden, gezien er geen enkel analysesresultaat van het Primair meetnet van AMINAL beschikbaar is. Het grondwater in het Landeniaan is doorgaans zeer zacht en daarom door vele bedrijven gebruikt ondanks de lage specifieke capaciteit.

De studie (WALRAEVENS, et al., 1989) waarin de hydrochemie en de watertypes volgens STUYFZAND, 1986 zijn bepaald, veronderstelt dat grondwaterkwaliteit het gevolg is van het stromingspatroon in de natuurlijke toestand.

De vermening van het infiltrerend zoet water, dat kationenuitwisseling ondergaat terwijl het doorheen de kleilagen passeert, met het fossiel grondwater, bepaalt de kwaliteit van het grondwater. De gebieden waar de infiltratie doorheen het Ieperiaanklei het grootst is, wordt weergegeven in fig. 11 als de voedingsgebieden van het Landeniaan bij natuurlijke stromingen.

In en nabij het freatisch gedeelte en ten westen van Oudenaarde is het grondwater hard, zoet en van het  $\text{CaHCO}_3$ -type. Kationenuitwisseling heeft zich erin voorgedaan maar slechts in die mate dat  $\text{Ca}^+$  het dominante kation bleef.

Meer naar het noorden toe vermindert de hardheid en wordt  $\text{Na}^+$  het dominerende kation en vormt het  $\text{NaHCO}_3$ -watertype.

Verder naar het noorden toe neemt het  $\text{Cl}^-$  steeds toe, waardoor het  $\text{HCO}_3^-$  zijn dominerende rol verliest en het watertype NaMix teruggevonden wordt.

Wanneer het stijgende  $\text{Cl}^-$ -gehalte minstens 50 % van de anionensom vormt, wordt het  $\text{NaCl}$ -watertype aangetroffen. Het water wordt brak tot zout wanneer de  $\text{Cl}^-$ -concentraties de 1000 mg/l grens overschreidt (WALRAEVENS, et al., 1989).

Een uitzondering hierop vormt het gebied tussen Duinkerke en Veurne, waar de stijging van de  $\text{Cl}^-$ -concentratie in noordelijke richting minder vlug 50 % van de anionensom overschreidt (WALRAEVENS, et al., 1989). De verspreiding van de verschillende watertypes wordt in fig. 12 weergegeven.

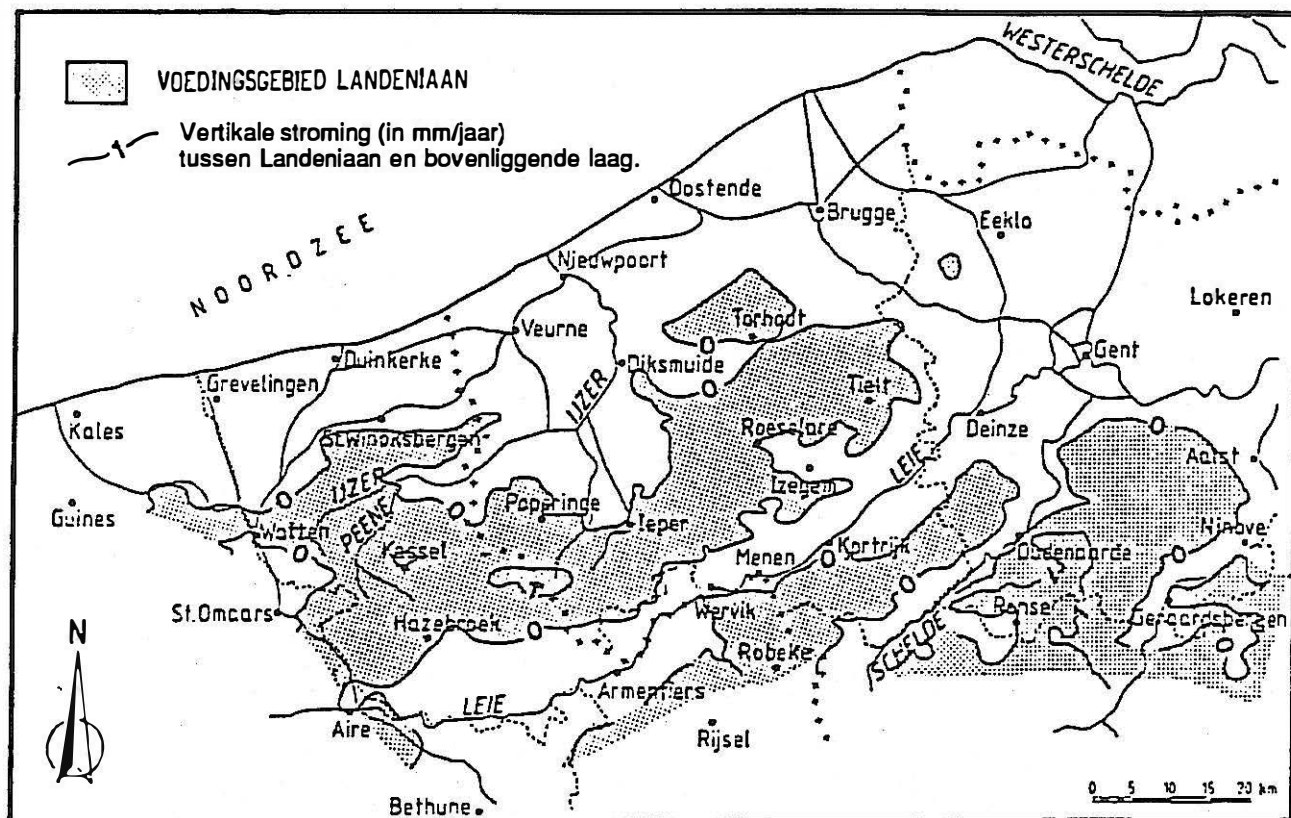


Fig. 11 - Vertikale stroming tussen Landeniaan en bovenliggende laag berekend met mathematisch model (LEBBE, et al., 1987) (WALRAEVENS, et al., 1989)

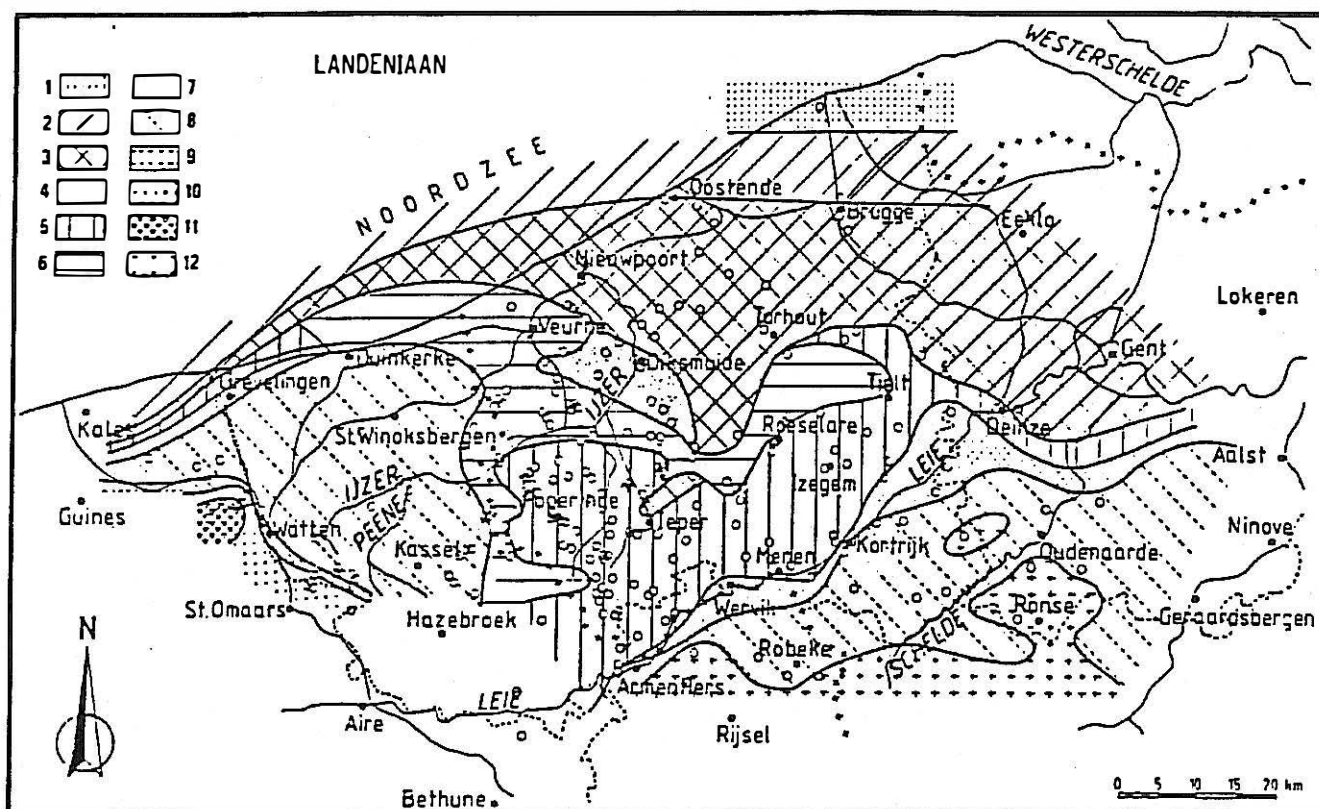


Fig. 12 - Voorkomen van grondwatertypes in het Landeniaan (klassifikatie volgens STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS, et al., 1989)

### **3.4.2. Evolutie**

Analoog met het Massief van Brabant zijn het hoofdzakelijk de grondwaterstromingen in natuurlijke toestand die de grondwaterkwaliteit bepalen.

Ook hier merkt men een verdringen van het aanwezig zoute grondwater in noordwestelijke richting door in het voedingsgebied geïnfiltreerde en door kationenuitwisseling gekenmerkte watertypes.

In de voedingsgebieden waar de uitloging van de Ieperiaanklei het snelst verloopt, gaat de kationenuitwisseling slechts nog in beperkte mate door en wordt het  $\text{CaHCO}_3$ -watertype aangetroffen, een zoet hard grondwater.

Dit laatst genoemde type water zal zich in de toekomst in noordwestelijke richting uitbreiden en de zachtere watertypes naar de diepere delen van het watervoerend systeem verdringen. Volledig analoog met het Massief van Brabant zijn eveneens de grondwaterstromingen in natuurlijke omstandigheden die de regionale grondwaterkwaliteit bepalen als gevolg van het bovenliggende dikke pakket Ieperiaanklei.

Er moet ook gewezen worden op het feit dat overexploitatie eventueel de kwaliteit kan beïnvloeden.

### **3.5. Besluit**

#### **3.5.1. Stijghoogten**

Globaal gezien zijn de peilen in 1988 1 tot 2 m gedaald ten opzichte van 1986 en is het beeld stijghoogte-oppervlak weinig veranderd. Maar op sommige plaatsen zijn er veel grotere verschillen opgemeten.

De stijghoogtekaart van juni/juli 1988 is gekozen als beeld van de meest recente situatie in het Landeniaan. De meetgegevens van 1993 van de 13 peilputten van het primair meetnet zijn aangebracht op de kaart 1988 maar laten niet toe een stijghoogtekaart te tekenen.

Ten noorden van de hoofdafpompijgskegel vinden we 3 meetgegevens van 1993 die op een stijging van het grondwateroppervlak van ongeveer 45 m duiden, terwijl ten zuiden van de kegel de

door AMINAL gemeten waarden goed overeenstemmen met de situatie van 1988. Ook enkele metingen in Oost-Vlaanderen passen niet in het stijghoogtepatroon van 1988.

De meetgegevens van AMINAL wijzen soms op spectaculaire stijghoogtedalingen op een korte periode, meer dan 2 m in 9 maanden tijd. Deze gevallen dienen extra zorgvuldig te worden gevolgd om het verder verloop te kennen. De metingen zijn verwerkt in grafieken en opgenomen in bijlage 2 maar laten niet toe conclusies te trekken in verband met de stijghoogte-evolutie.

Het is duidelijk dat het aantal peilputten van het primair meetnet sterk moet toenemen vooraleer het kan gebruikt worden om de huidige toestand te schetsen.

Bij het uitbreiden van het meetnet moet er rekening gehouden worden met de reeds gekende situatie. Er moet evenzeer gezocht worden naar de verloren en de verwaarloosde putten en die indien mogelijk met minimale kosten opnieuw inschakelen in het meetnet, als dat er nieuwe putten geboord worden.

### **3.5.2. Kwantiteit**

De variaties van het opgepompt debiet zijn het grootst in West-Vlaanderen waar het debiet van 1988 verzesvoudigd in 1989. Deze verschijnselen zijn, waarschijnlijk niet louter het gevolg van veranderingen van de gewonnen hoeveelheden grondwater maar hebben ook te maken met het aantal bedrijven die hun gegevens doorspelen.

Gezien dat de vergunde debieten van alle beschouwde jaren steeds gelijk blijven kan gesteld worden dat er waarschijnlijk geen grote nieuwe winningen in de watervoerende laag zijn bijgekomen.

Door het vergund debiet van 1986 ( $1.435.251 \text{ m}^3$ ) te vergelijken met de gegevens van de inventarisatiestudie (1,5 miljoen  $\text{m}^3$  voor 1986) blijkt een goede overeenkomst te bestaan tussen beide. Het door mathematische modellering berekende debiet is 70 % hoger dan het vergunde debiet.

Als we de door AMINAL gekende opgepompte hoeveelheden van 1987 tot 1990 bestuderen, is dit maximaal ongeveer 60 % van het vergunde debiet en minimaal ongeveer 20 %.

We merken op dat het opgepompte debiet van 1987 tot 30 % van



de vergunde hoeveelheid is teruggevallen, dit is zeer twijfelachtig of dit met de realiteit overeenstemt.

Ook hier, net zoals voor het Massief van Brabant, is er nood aan juistere gegevens wat betreft onttrokken debieten, om in de toekomst de evolutie te kunnen opstellen en prognoses te maken betreffende het waterverbruik.

### **3.5.3. Kwaliteit**

De regionale grondwaterkwaliteit van het Landeniaan wordt bepaald door de grondwaterstromingen in natuurlijke omstandigheden, net zoals bij het Massief van Brabant.

Het meest recente in het voedingsgebied geïnfiltreerde water zal de aanwezige watertypes in noordwestelijke richting verdringen, waardoor de verschillende watertypes in die richting opschuiven en het voorkomen van zoet, hard water van het Ca HCO<sub>3</sub>-type uitbreiding kent.

Als de stijghoogten onder het dak van de watervoerende laag komen, zouden allerhande reacties in het gesteente ontstaan, die een invloed kunnen hebben op de kwaliteit van het grondwater.

## **4. LEDO-PANISELIAAN IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN**

### **4.1. Geologie en Hydrogeologie**

De zanden van het Lediaan samen met het onderliggende zandige deel van het Paniseliaan vormen de watervoerende laag. Het onderste gedeelte van het Paniseliaan bestaat uit kleiige sedimenten en vormt de scheiding tussen de bovenliggende zanden van het Ledo-Paniseliaan en de onderliggende zanden van het Ieperiaan (DE BREUCK, et al. 1990).

Binnen de provincies Oost- en West-Vlaanderen komt het Ledo-Paniseliaan zowel als freatische en als artesische watervoerende laag voor, met tussen beide een overgangszone.

Op figuur 13 zien we de uitbreiding van de Bartoonklei die het Ledo-Paniseliaan bedekt. Ten zuiden van die lijn komt het freatische gebied voor, ten noorden ervan de artesische zone van het Ledo-Paniseliaan reservoirgesteente.

De maximale dikte van het watervoerend gedeelte van de watervoerende laag bedraagt zo'n 45 m in het artesisch gebied.

### **4.2. Representatieve waterstanden**

#### **4.2.1. Inleiding**

Het was onmogelijk aan de hand van de elf peilmetingen van het primair meetnet een duidelijk beeld te krijgen van de huidige grondwaterstand. Vertrekkende van de berekende stijghoogten in natuurlijke omstandigheden en de gekende oppompingsdebieten in de watervoerende laag is via mathematische modellering een benaderend beeld gevormd van de stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan met de grondwaterwinningen (WALRAEVENS, 1987) zie bijlage 1.

De metingen van AMINAL van 93 zijn als puntwaarnemingen op de stijghoogtenkaart met grondwaterwinningen aangeduid, om te zien in hoeverre de waargenomen peilen verschillen met de berekende.

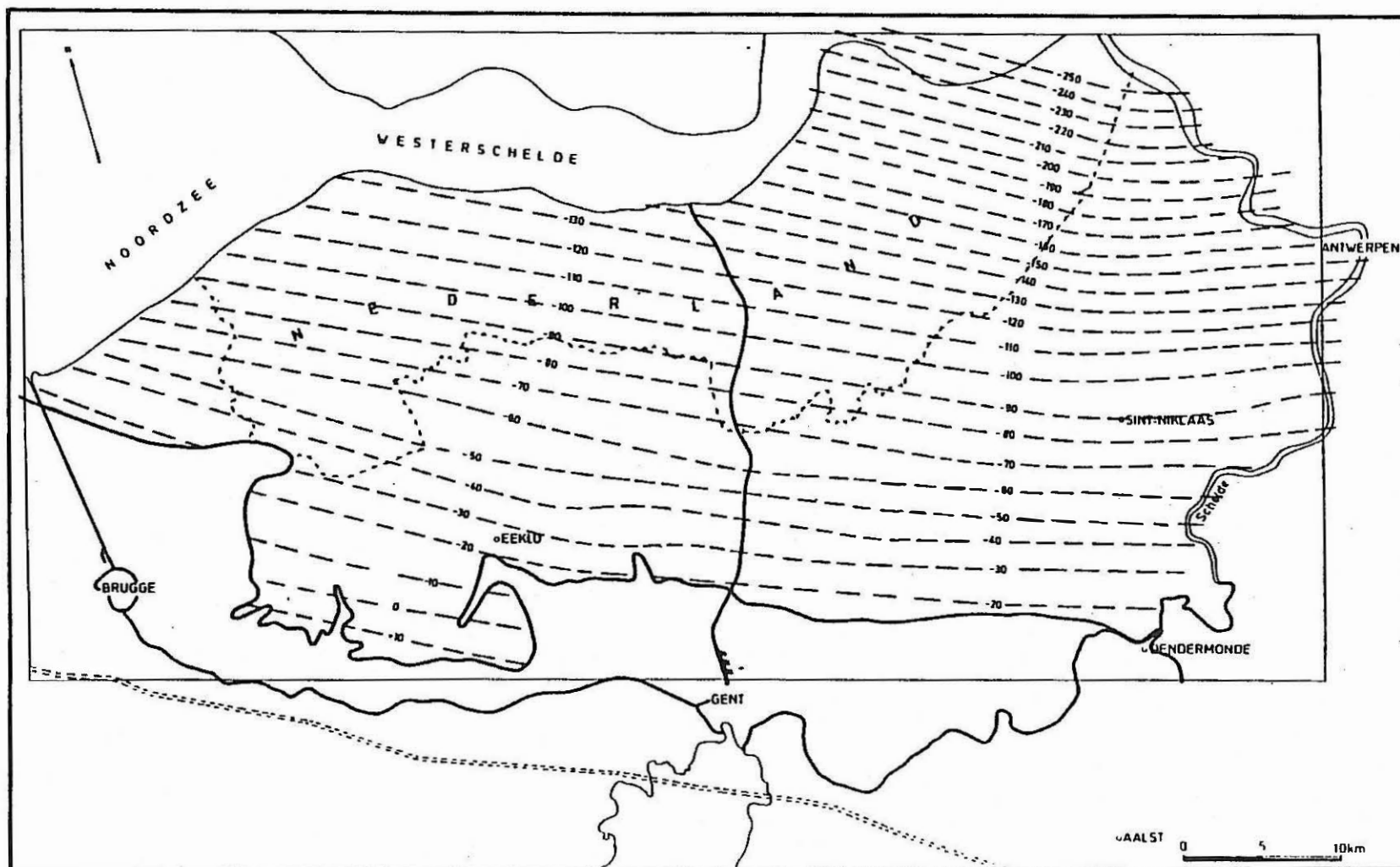


Fig. 13 - Isohypsen van de basis van het Bartoon (m TAW)

#### **4.2.2. Evolutie**

De berekende stijghoogten in natuurlijke toestand (bijlage 1) komen vrij goed overeen met de situatie van 1920 (bijlage 1) enkel in het gebied Waasmunster-Sint-Niklaas was het grondwaterpeil reeds sterk gedaald tengevolge van de winningen (WAL-RAEVENS, 1987).

De berekende stijghoogtekaart waarbij rekening is gehouden met de gekende winningen in 1987 vertoont grote verschillen ten overstaan van de toestand in natuurlijke omstandigheden (bijlage 1). De hogere stijghoogten van ongeveer + 10 m TAW ten zuiden van Sint-Niklaas in natuurlijke omstandigheden worden omgezet in een diepe afpompingsstrecther met waarden lager dan - 20 m TAW. Recente metingen bevestigen deze laatste grondwaterpeilen.

Ook in de Gentse Kanaalzone en bij Lokeren en Zele zijn er duidelijke stijghoogtedalingen merkbaar ten gevolge van de waterwinningen.

Bij de heuvels Oedelem-Knesselare-Zomergem blijft het natuurlijk stijghoogtepatroon grotendeels bewaard. Enkel te Maldegem-Adegem en te Eeklo worden belangrijke afpompingen herkend.

#### **4.3. Grondwaterwinningen**

##### **4.3.1. Inleiding**

De vergunde debieten van een jaartal is de sommatie van al de debieten waarvoor de vergunning gekend is bij AMINAL en waarvan de einddatum het jaartal overschrijdt.

De opgepompte debieten worden onderverdeeld in nijverheid en drinkwatermaatschappijen. Voor de vergunde debieten werd de nijverheid verder gesplitst in landbouw en industrie.

In de onderstaande tabellen zijn de gegevens voor 1990 weergegeven in m<sup>3</sup>/jaar.

Tabel 14. Ledo-Paniseliaan opgepompt debiet in 1990

	Aantal installaties	Nijverheid	Aantal installaties	Drinkwater
Oost-Vlaanderen	131	6.587.248	0	0
West-Vlaanderen	38	597.609 <sup>6</sup>	2	2.463.232
Totaal	169	7.184.857	2	2.463.232

Tabel 15. Ledo-Paniseliaan vergunde debiet in 1990

	Landbouw	Industrie	Drinkwater
Oost-Vlaanderen	221.856	7.357.647	0
West-Vlaanderen	5.500	1.373.495	0
Totaal	227.356	8.731.142	0

#### 4.3.2. Evolutie

De gegevens van 1987 tot 1990 werden per provincie voorgesteld in onderstaande tabellen 16, 17 en 18.

De opgepompte debieten schommelen sterk van jaar tot jaar in West-Vlaanderen en in mindere mate in Oost-Vlaanderen, zodanig dat er geen evolutie kan bepaald worden.

Er is een zeer kleine vermindering van het vergund debiet merkbaar in Oost-Vlaanderen, in West-Vlaanderen blijft dit gelijk.

Het verschil tussen opgepompt en vergund debiet is in West-Vlaanderen soms zeer groot. Het opgepompte bedrag maximaal 43.5 % en minimaal 0.6 % van het vergunde debiet.

Voor Oost-Vlaanderen is dit verschil veel kleiner (het opgepompte bedraagt maximaal 99.8 % en minimaal 76.1 % van het vergunde debiet).

Opvallend is ook dat voor de 2.5 miljoen m<sup>3</sup> dat de drinkwatermaatschappijen jaarlijks uit het watervoerend systeem winnen er geen vergunning is afgeleverd.

---

<sup>6</sup> Gegevens van 1989.

Tabel 16. Overzicht debieten Oost-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	7.609.645	0	7.609.645	221.856	7.626.647	0	7.848.503
1988	5.669.835	0	5.669.835	221.856	7.446.647	0	7.668.503
1989	5.932.410	0	5.932.410	221.856	7.381.647	0	7.603.503
1990	6.587.248	0	6.587.248	221.856	7.357.647	0	7.579.503

Tabel 17. Overzicht debieten West-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	199.334	2.489.542	2.688.876	5.500	1.373.495	0	1.378.995
1988	8.150	2.578.398	2.586.548	5.500	1.373.495	0	1.378.995
1989	597.609	2.590.329	3.187.938	5.500	1.373.495	0	1.378.995
1990	597.609 <sup>7</sup>	2.463.232 <sup>7</sup>	3.060.841 <sup>7</sup>	5.500	1.373.495	0	1.378.995

Tabel 18. Overzicht debieten Oost- en West-Vlaanderen

Opgepompt				Vergund			
Jaartal	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	7.808.979	2.489.542	10.298.521	227.356	9.000.142	0	9.227.498
1988	5.677.985	2.578.398	8.256.383	227.356	8.820.142	0	9.047.498
1989	6.530.019	2.590.329	9.120.348	227.356	8.755.142	0	8.982.998
1990	7.184.857	2.463.232	9.648.089	227.356	8.731.142	0	8.958.498

<sup>7</sup> gegevens van 1989.

#### **4.4. Grondwaterkwaliteit**

##### **4.4.1. Inleiding**

Aangezien van AMINAL geen chemische analyseresultaten zijn overhandigd, is er beroep gedaan op WALRAEVENS, 1987 waarin de hydrochemie en hydrogeologie van het Ledo-Paniseliaan uitvoerig is bestudeerd.

De analyseresultaten zijn voorgesteld met een zoneringskaart waar de verschillende watertypes zijn bepaald volgens STUYFZAND 1986 (zie fig. 14).

In de freatische zone en het voedingsgebied Oedelem-Zomergem is het grondwater er zoet, hard en van het  $\text{CaHCO}_3$ -type. Bij Lochristi gebeurt eveneens voeding doorheen de Bartoonklei en wordt hetzelfde watertype teruggevonden.

Ten noorden van het  $\text{CaHCO}_3$ -type vinden we het  $\text{MgHCO}_3$ -type terug wat eveneens zoet en hard is en ontstaan is door kationuitwisseling van  $\text{Mg}^{2+}$  voor  $\text{Ca}^{2+}$ .

De belangrijkste fase van kationuitwisseling komt tot uiting in het  $\text{NaHCO}_3$ -watertype welke voorkomt in een brede WNW-OZO-gerichte strook ten noorden van de reeds vermelde watertypes.

In het voedingsgebied Waasmunster-Sint-Niklaas is het water zeer zacht als gevolg van de infiltratie door een dik kleipakket (volledige dikte Bartoonklei + deel Rupeliaanklei).

De meest noordelijke zones bevatten brak tot zout, matig hard water van het  $\text{NaCl}$ -type als gevolg van de bijmenging van fossiel zeewater. Het water is blijkbaar niet onderworpen geweest aan kationenuitwisseling.

Het freatische gedeelte in de Westvlaamse polders is sterk beïnvloed door recente verzilting wat zich uit in brak en zout  $\text{NaCl}$ -water.

##### **4.4.2. Evolutie**

Het zijn hoofdzakelijk de natuurlijke grondwaterstromingen die de regionale grondwaterkwaliteit van het Ledo-Paniseliaan bepalen (WALRAEVENS 1987, WALRAEVENS en LEBBE, 1988), maar in het freatische gedeelte is de kwaliteit sterk wisselend.

Vanuit de 2 voedingsgebieden, het heuvelgebied van Oedelem-

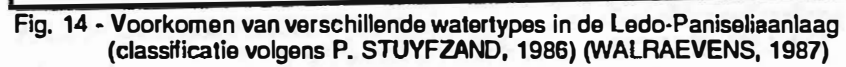


Fig. 14 - Voorkomen van verschillende watertypes in de Ledo-Paniseliaanlaag (classificatie volgens P. STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS, 1987)



Zomergem en het zuidelijk gedeelte van het Land van Waas, stroomt het geïnfiltreerde water hoofdzakelijk in noordwestelijke richting (WALRAEVEN, 1987).

Het is dus zo dat het recente in de voedingsgebieden geïnfiltreerde water de aanwezige watertypes in noordwestelijke richting naar de diepere delen van de watervoerende laag verdringen.

Het effect van de overexploitatie op de grondwaterkwaliteit dient blijvend te worden gevolgd.

#### **4.5. Besluit**

##### **4.5.1. Stijghoogten**

Als de situatie van berekende stijghoogten met grondwaterwinningen vergeleken wordt met deze in natuurlijke omstandigheden, dan zijn verscheidene belangrijke afpompstrecthers ontstaan als gevolg van de overexploitatie in de watervoerende laag.

Uit de gegevens van AMINAL van 1992 en 1993 blijken zich op sommige plaatsen belangrijke verlagingen voor te doen, van 0.5 m tot 0.8 m in 9 maanden tijd. Deze gevallen verdienen extra aandacht en moeten in de toekomst verder gevolgd worden. De metingen zijn verwerkt in grafieken en opgenomen in bijlage 2. Gezien de korte waarnemingstermijn laten ze niet toe algemene conclusies te trekken in verband met de stijghoogte-evolutie.

Verder is het duidelijk dat het aantal peilputten van het primair grondwatermeetnet verder dient toe te nemen om over een efficiënt orgaan te beschikken en zo een accuraat beeld van de stijghoogten te vormen. De reeds aanwezige kennis hieromtrent moet gebruikt worden bij de keuze van nieuwe peilputten.

##### **4.5.2. Kwantiteit**

In Oost-Vlaanderen zijn de opgepompte debieten van dezelfde orde als de vergunde debieten en zijn de jaarlijkse schommelingen van de opgepompte debieten klein.

In West-Vlaanderen daarentegen is geen overeenkomst tussen

opgepompte en vergunde hoeveelheden grondwater. De opgepompte debieten variëren zeer sterk van jaar tot jaar, mede als gevolg van het fluctuerend aantal bedrijven die hun gegevens doorspelen.

Verder pompt de drinkwatersektor elk jaar 2,5 miljoen m<sup>3</sup> uit het Ledo-Paniseliaan waarvoor er bij AMINAL geen vergunning is gekend.

Het is duidelijk dat er nood is aan juistere gegevens over opgepompte en vergunde debieten om in de toekomst een evolutie te herkennen en grondwaterverbruikprognoses te kunnen maken.

#### **4.5.3. Kwaliteit**

De regionale grondwaterkwaliteit van het Ledo-Paniseliaan is bepaald door de natuurlijke grondwaterstromingen. Het meest recente geïnfiltreerde water stroomt vanuit de voedingsgebieden in noordwestelijke richting en verdrijft de aanwezige watertypes naar het diepere gedeelte van de watervoerende laag. Enkel in het freatische gedeelte komt sterk wisselende kwaliteit voor.

De gevolgen van de overexploitatie en de resulterende oxidatieprocessen kunnen een invloed hebben op de grondwaterkwaliteit.

Het is van primordiaal belang de grondwaterkwaliteit te blijven controleren om zo de anomalieën te herkennen en gepast in te grijpen.

## 9. GRONDWATERVERBRUIK IN DE LANDBOUWSECTOR

### 9.1. Grondwaterverbruik bij veeteelt

#### 9.1.1. Inleiding

De gegevens van drinkwaterverbruik voor de veeteelt zijn ons door AMINAL op 28 april 1993 overhandigd.

Voor het drinkwaterverbruik per dier wordt het gemiddelde genomen van de opgegeven limietwaarden. Eerst is er per gemeente, die volgens het nisnummer zijn gerangschikt waterverbruik van alle aanwezige dieren gesommeerd.

Nadien is er per provincie via nisnummer de som gemaakt van het aantal bedrijven, oppervlakte landbouwgrond en het drinkwaterverbruik. De resultaten zijn in onderstaande tabel 19 opgenomen.

Tabel 19. Drinkwaterverbruik bij veeteelt.

Provincie	Aantal bedrijven	Oppervlakte landbouwgrond in ha	Waterverbruik in m <sup>3</sup> /dag	Waterverbruik in m <sup>3</sup> /jaar
West-Vlaanderen	16.456	208.413,22	51.578,604	18.826.190
Oost-Vlaanderen	14.668	147.017,56	34.741,371	12.680.600
Antwerpen	8.974	80.136,55	27.995,141	10.218.226
Limburg	7.021	79.623,13	15.159,631	5.533.265
Vlaams-Brabant	8.710	86.976,43	9.756,064	3.560.963
Totaal Vlaams Gewest	55.829	602.166,89	139.230,811	50.819.244

Het valt op dat West-Vlaanderen het hoogste drinkwaterverbruik kent, maar het eveneens het grootste landbouwoppervlakte bezit en de meeste bedrijven op zijn grondgebied gevestigd heeft.

#### 9.1.2. Besluit

De aandacht moet gevestigd worden op het feit dat de bekomen waarden enkel maar weergeven hoeveel water er als drinkwater wordt verbruikt. Het waterverbruik voor het reinigen van de stallingen en ander materiaal zijn niet gekend en daarom is het onmogelijk een totaal waterverbruik van de veeteelt voor

te stellen. Gezien het aandeel van het grondwater in dit waterverbruik door ons niet is gekend, kunnen geen cijfers gegeven worden voor het grondwaterverbruik door de veeteelt.

Het is zeer waarschijnlijk dat grote veeteeltbedrijven beroep doen op de freatische en artesische grondwaterreserves om aan hun grote waterverbruik te kunnen voldoen.

Het grondwaterverbruik zal dus van de grootte-orde van rond 50 miljoen m<sup>3</sup> per jaar zijn, gezien ook nog het waterverbruik voor onderhoud in rekening dient te worden gebracht.

## **9.2. Grondwaterverbruik bij plantenteelt**

### **9.2.1. Inleiding**

Tot heden is ons enkel gekend hoeveel de azaleateelt in Oost-Vlaanderen gemiddeld verbruikt : 6 à 7 miljoen m<sup>3</sup>/jaar.

## REFERENTIELIJST

DE BREUCK, W., DE MOOR, G., 1969. De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. Natuurwetenschappelijk Tijdschrift, 51, 3-68, 39 fig., 8 bijlagen.

DE BREUCK, W., VAN BURM, P., STEYAERT, M., VAN CAMP, M., 1988. Hydrogeologische studie van de Sokkel en het Landeniaan onder het Oostelijk gedeelte van Oost-Vlaanderen en het Westelijk gedeelte van Vlaams Brabant. Eindverslag, 34, 5 fig., 6 bijlagen, 5 tabellen.

DE BREUCK, W., WALRAEVEN, K., VAN BURM, P., DE CEUKELAIRE, M., STEYAERT, M., 1990. Kaart van de grondwaterkwaliteit in de Provincie West-Vlaanderen. Watervoerende lagen van het Landeniaan, van het Ledo-Paniseliaan en van het Kwartair. 34, 9 fig., 6 tabellen.

DE CEUKELAIRE, M., WALRAEVEN, K., VAN BURM, P., 1992. Evolutie van de stijghoogten in het Landeniaan en de Sokkel vanaf de eeuwwisseling tot 1986 (West-Vlaanderen en aangrenzend deel Oost-Vlaanderen). Prof. Paper 1992/7 nr 257.

GOM-WEST-VLAANDEREN, 1986. Hydrogeologische studie van de gespannen watervoerende laag in het Massief van Brabant onder West- en Oost-Vlaanderen. Deelkontraat I. Eindverslag. 93 p. Brugge : GOM-W.VL. (in opdracht van de Vlaamse Executieve).

LEBBE, L., VAN CAMP, M., VAN BURM, P., DE CEUKELAIRE, M., WATTIEZ, R. & DE BREUCK, W., 1988. Het grondwater in de Paleozoische sokkel en in het Landeniaan in West- en Oost-Vlaanderen. Water 41, 104-108.

STUYFZAND, P.J., 1986. A new hydrochemical classification of watertypes. Principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands. Proc. 9th Salt Water Intrusion Meeting (Delft, 12-16 mei 1986), 641-655.

WALRAEVEN, K., 1987. Hydrogeologie en hydrochemie van het Ledo-Paniseliaan in Oost- en West-Vlaanderen. 350 p., 74 platen, 102 fig., 4 bijlagen. Gent: Rijsuniversiteit (doctoraatsverhandeling).

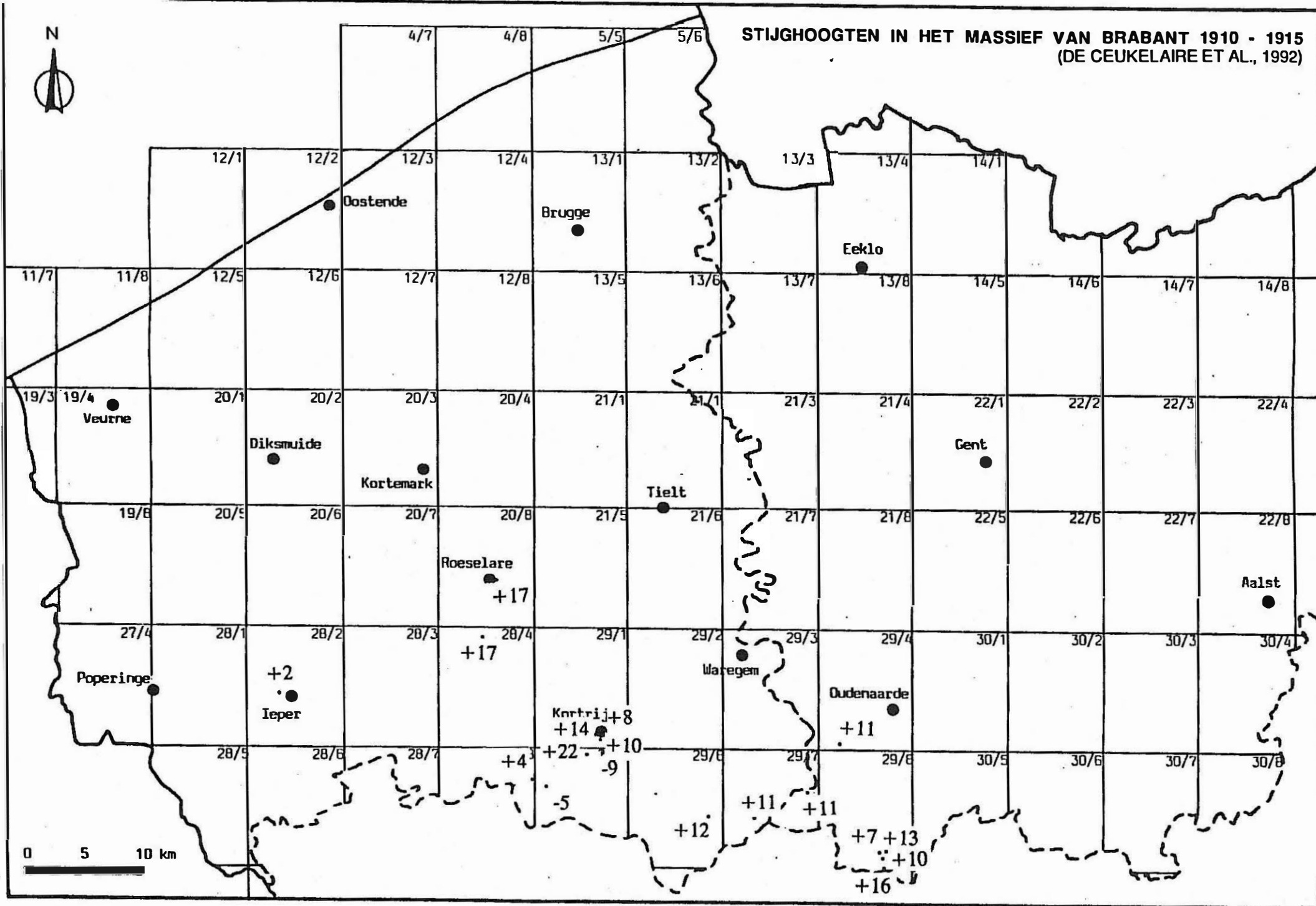
WALRAEVEN, K. & LEBBE, L., 1988. Groundwater quality in the Tertiary Ledo-Paniseliaan aquifer in Belgium as a result of freshwater intrusion into sediments in chemical equilibrium with the sea. Proc. 10th Salt Water Intrusion Meeting (Gent, 16-20 mei 1988). Natuurwet. Tijdschr. 70, 30-44.

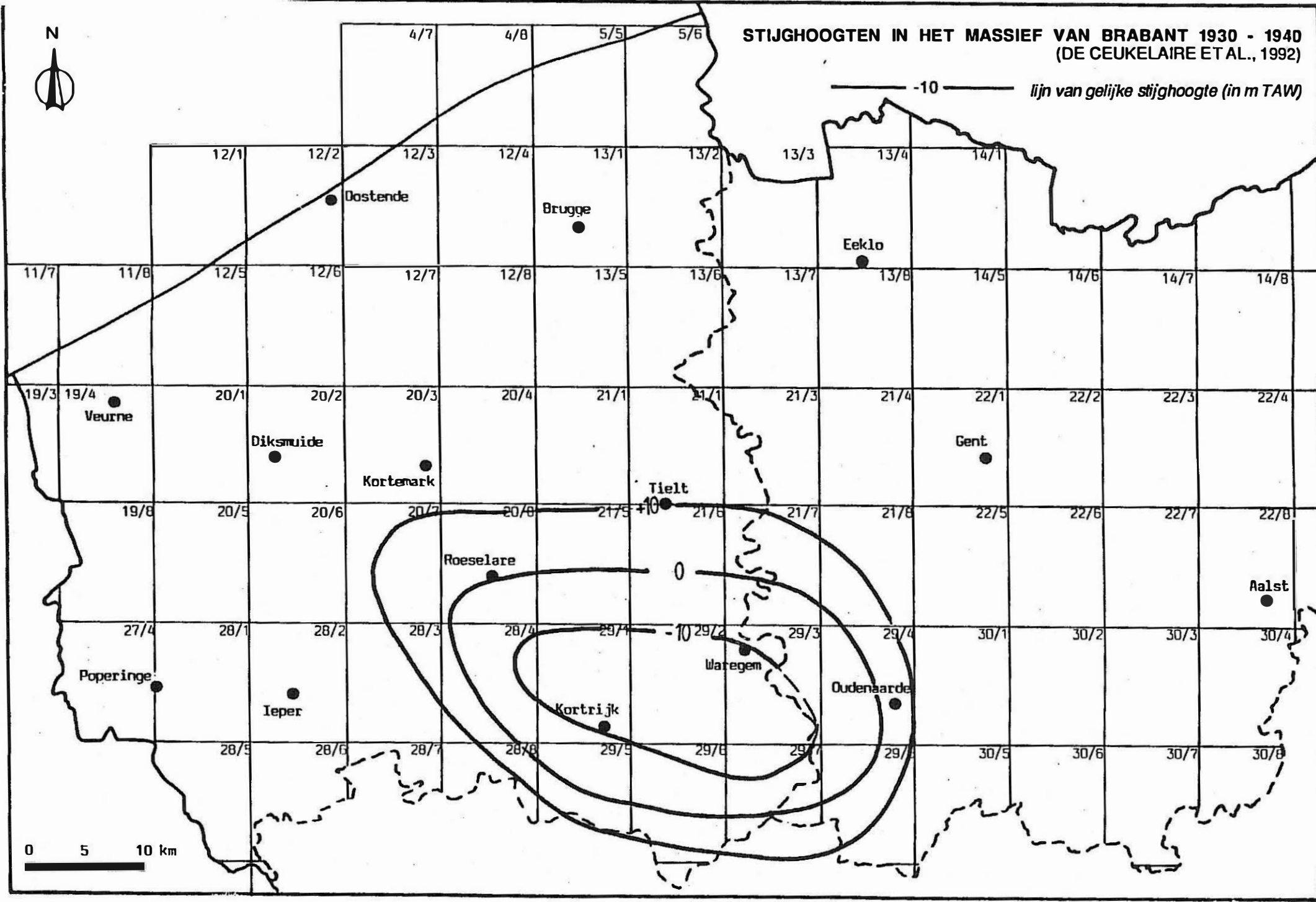
WALRAEVEN, K., VAN CAMP, M., VAN BURM, P., LEBBE, L., DE BREUCK, W., GERARD, P., VERPLAETSE, H., 1989. Hydrochemisch onderzoek van de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen van de sokkel, het krijt en het Landeniaan onder West-, Oost- en Frans-Vlaanderen. Natuurwetenschappelijk Tijdschrift, 53-73, 11 fig., 3 tabellen.

# **BIJLAGE 1**

## **Stijghoogtekaarten**

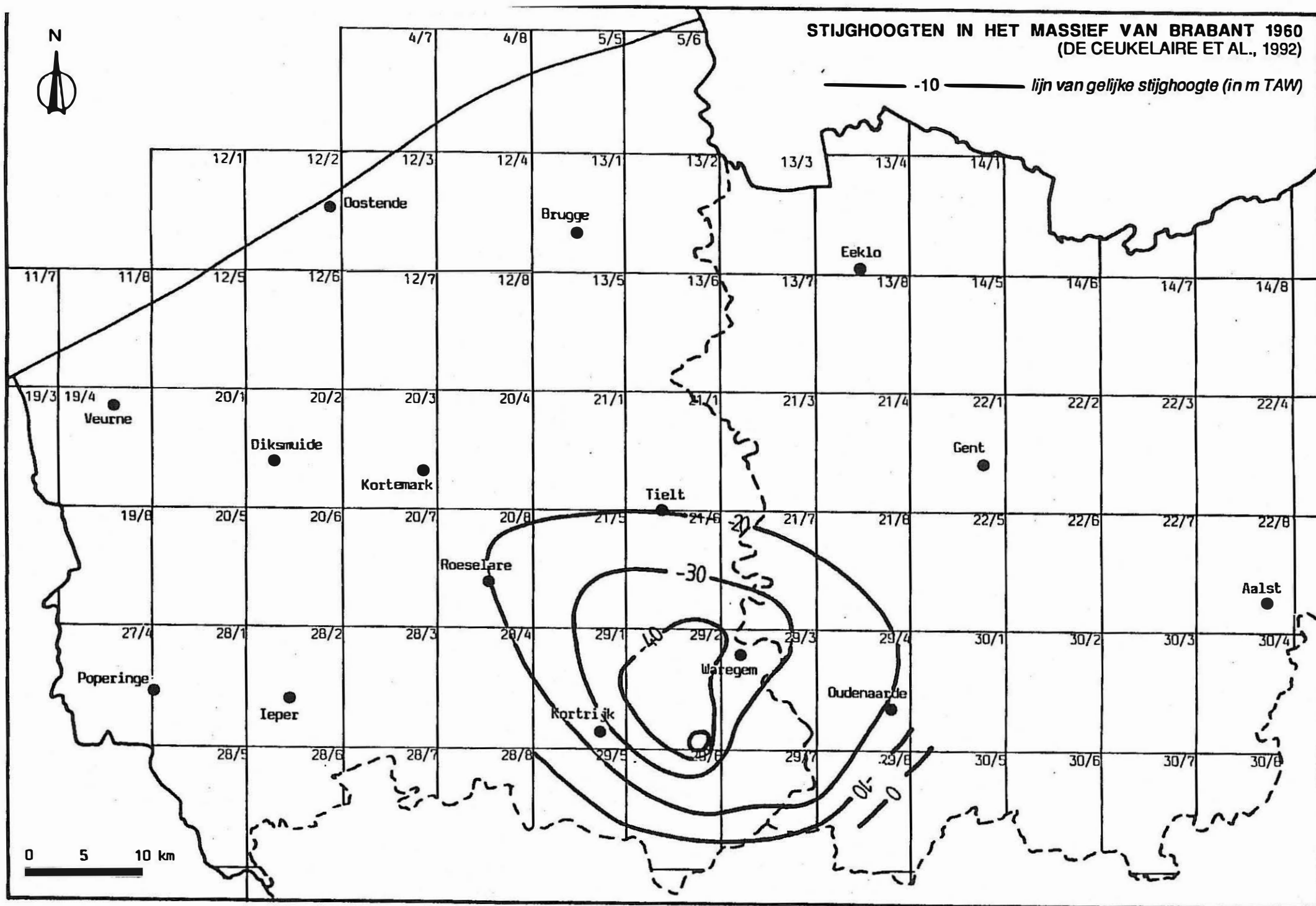
# STIJGHOOGTEN IN HET MASSIEF VAN BRABANT 1910 - 1915 (DE CEUKELAIRE ET AL., 1992)

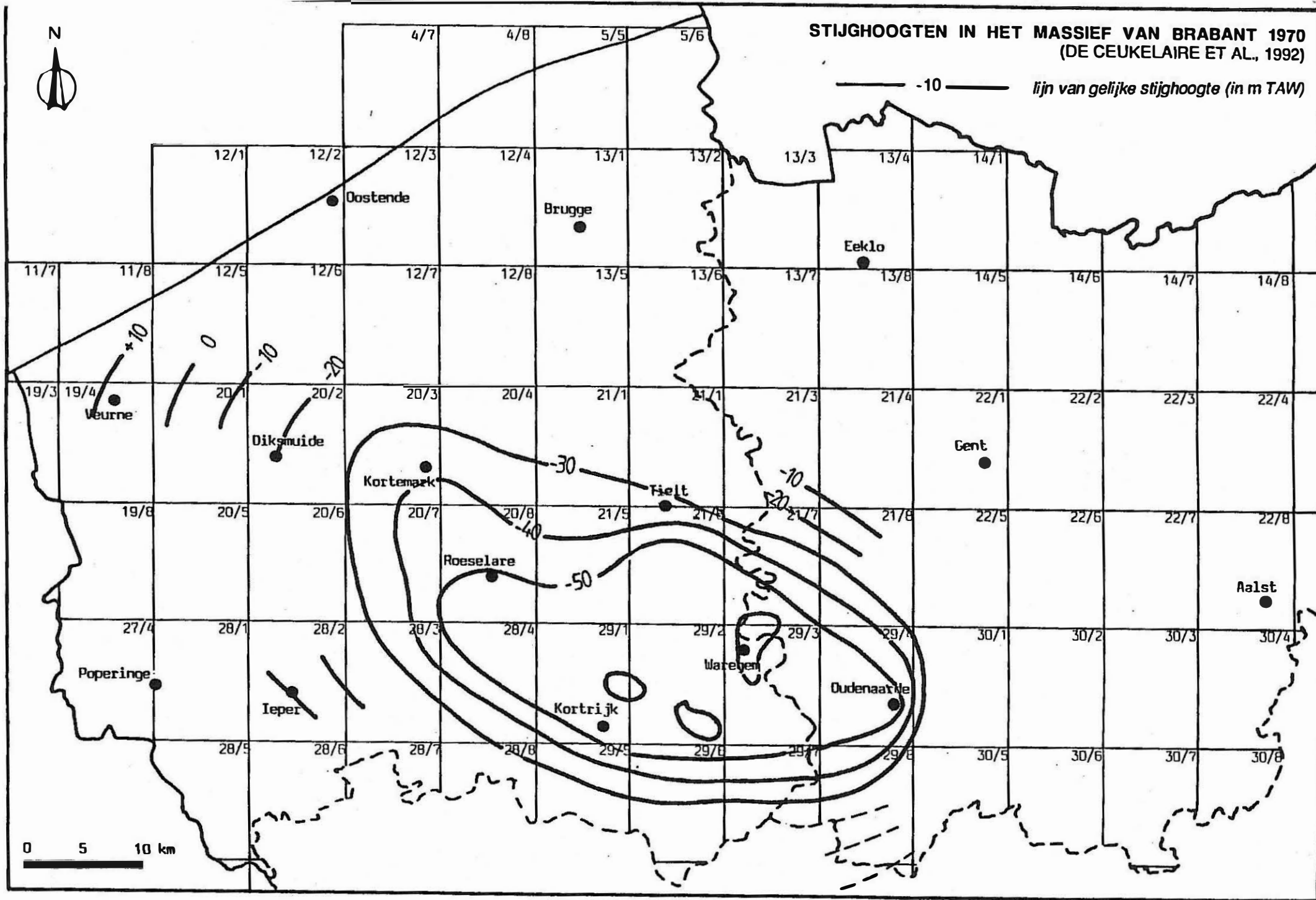




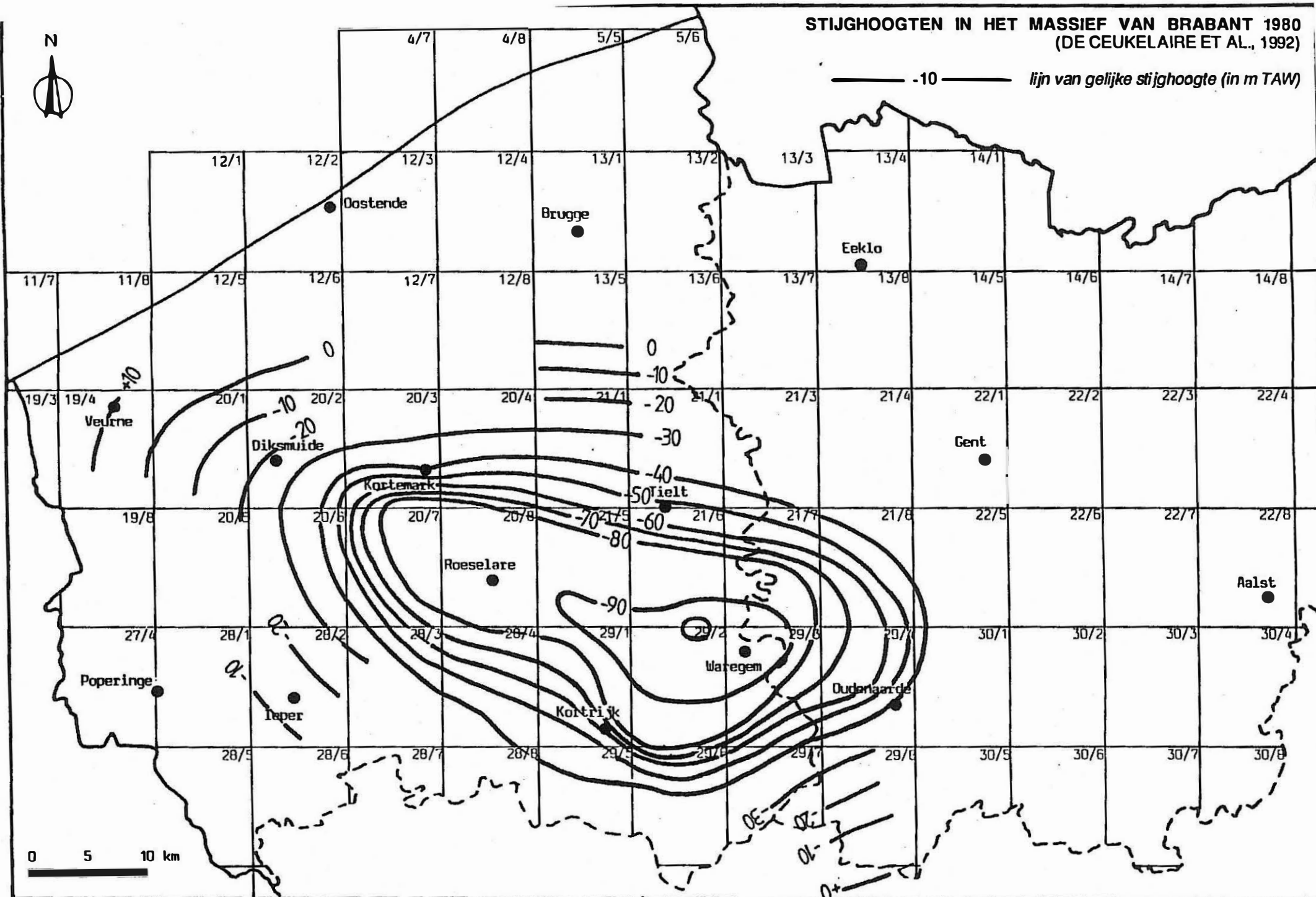


# STIJGHOOGTEN IN HET MASSIEF VAN BRABANT 1960 (DE CEUKELAIRE ET AL., 1992)

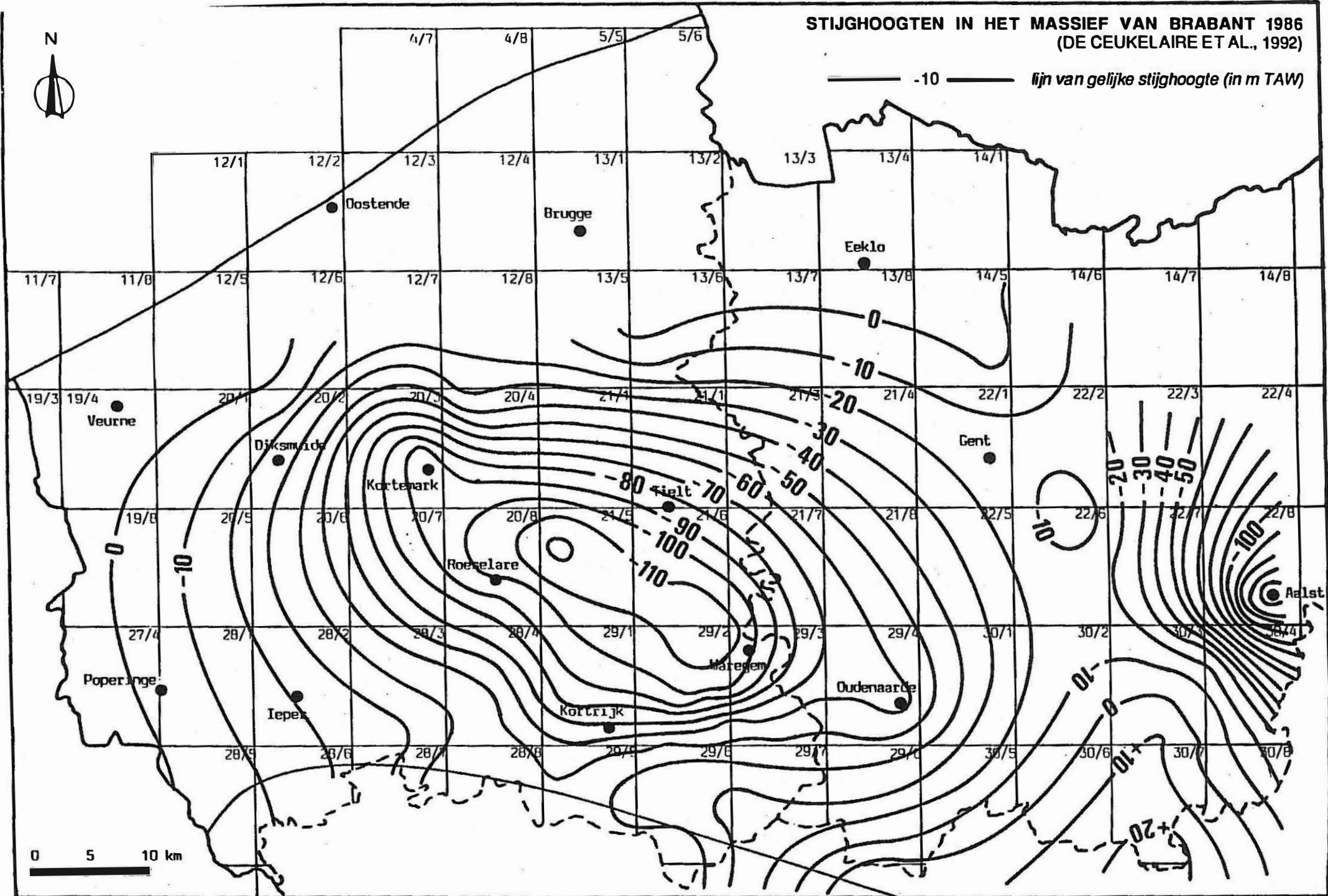




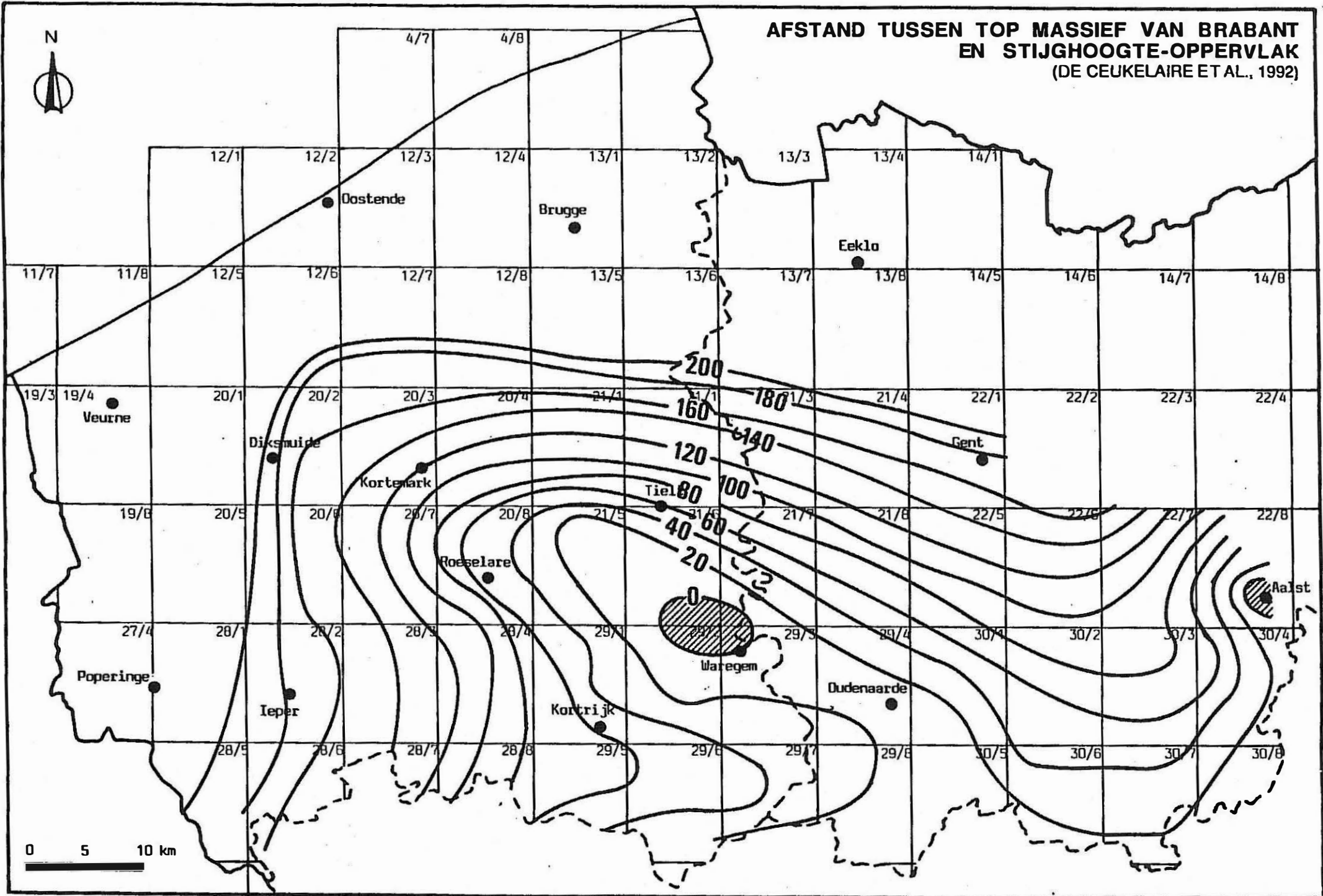
**STIJGHOOGTEN IN HET MASSIEF VAN BRABANT 1980**  
(DE CEUKELAIRE ET AL., 1992)



**STIJGHOOGTEN IN HET MASSIEF VAN BRABANT 1986**  
(DE CEUKELAIRE ET AL., 1992)



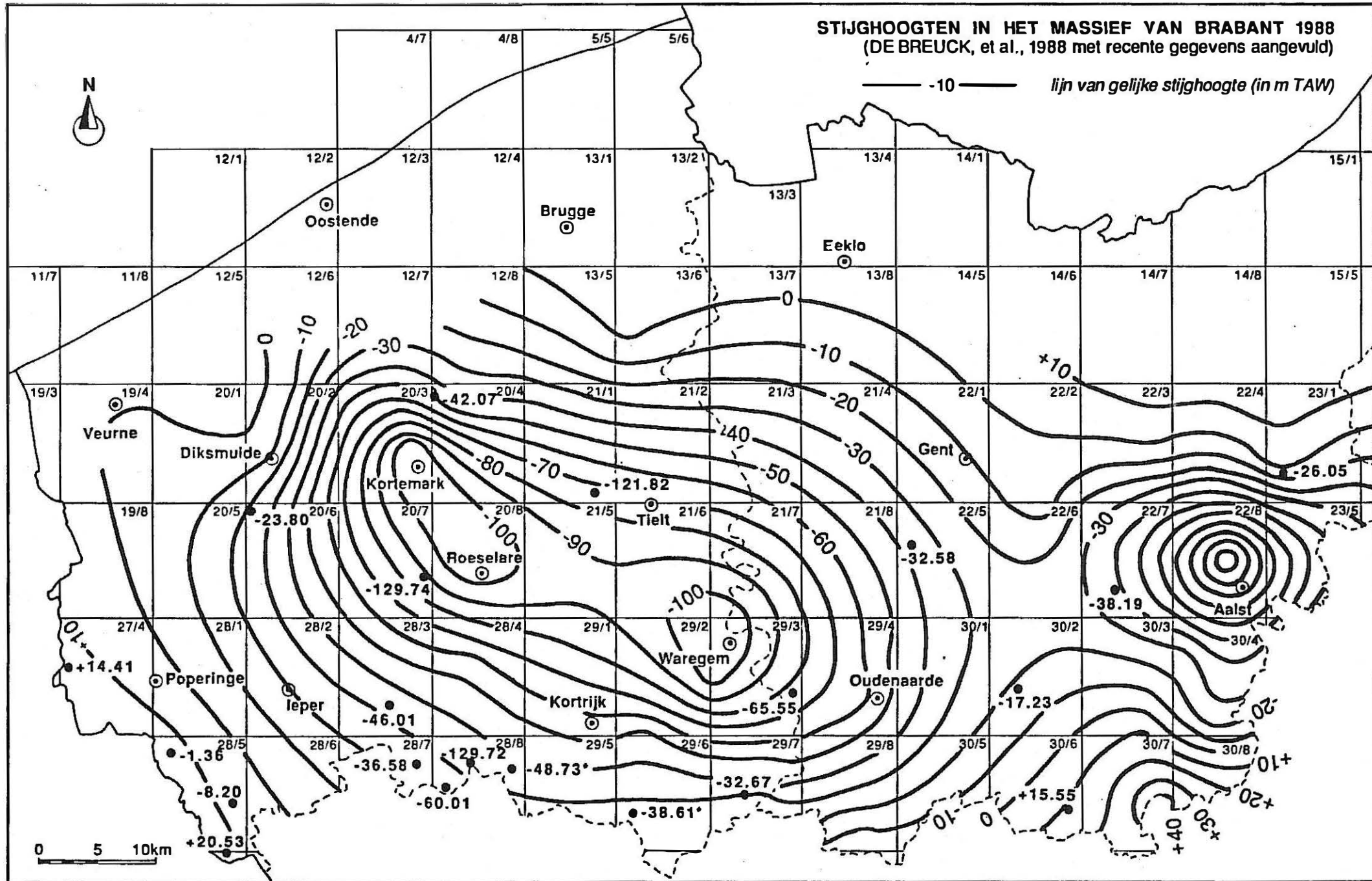
# **AFSTAND TUSSEN TOP MASSIEF VAN BRABANT EN STIJGHOOGTE-OPPERVLAK** (DE CEUKELAIRE ET AL., 1992)



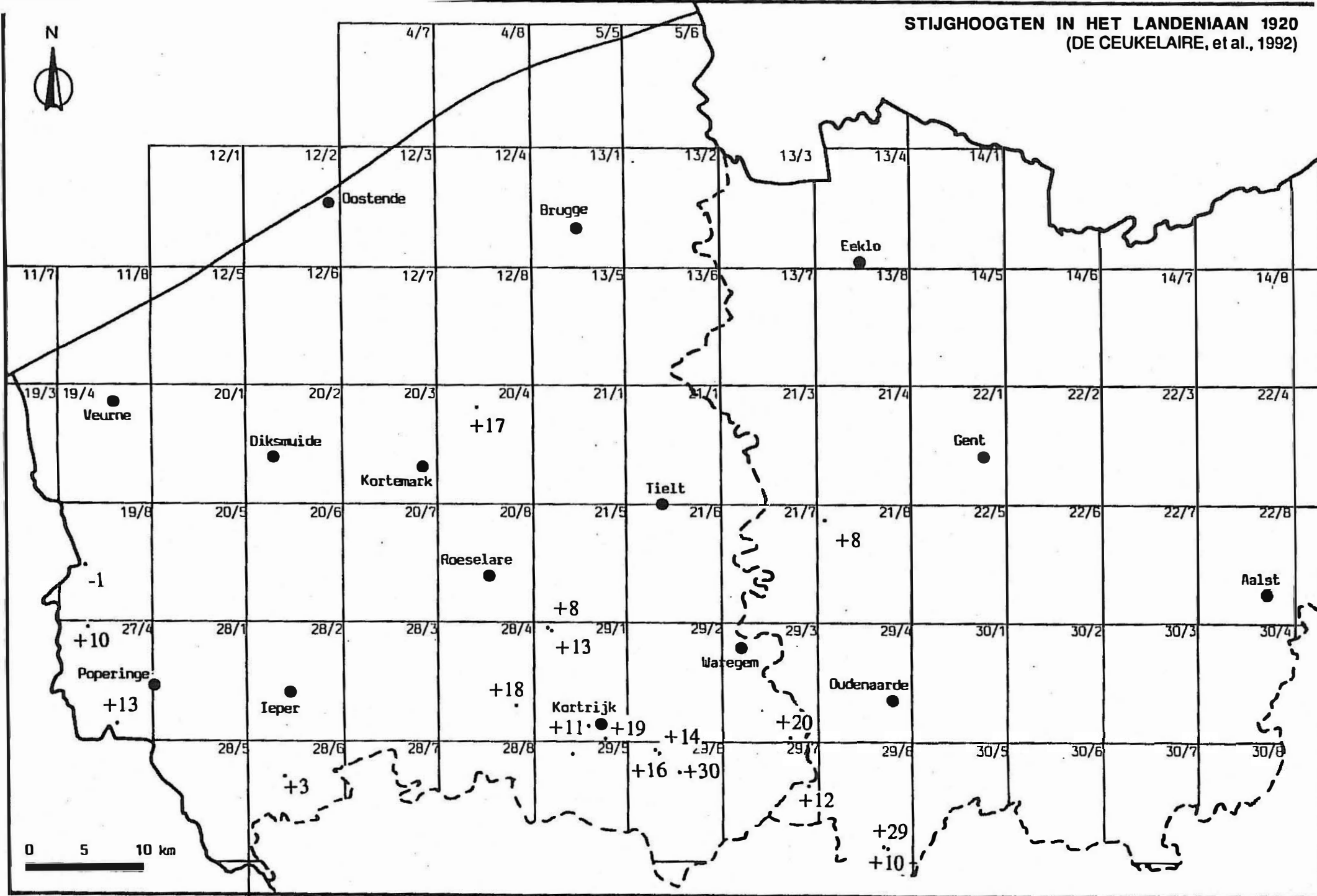


**STIJGHOOGTEN IN HET MASSIEF VAN BRABANT 1988**  
(DE BREUCK, et al., 1988 met recente gegevens aangevuld)

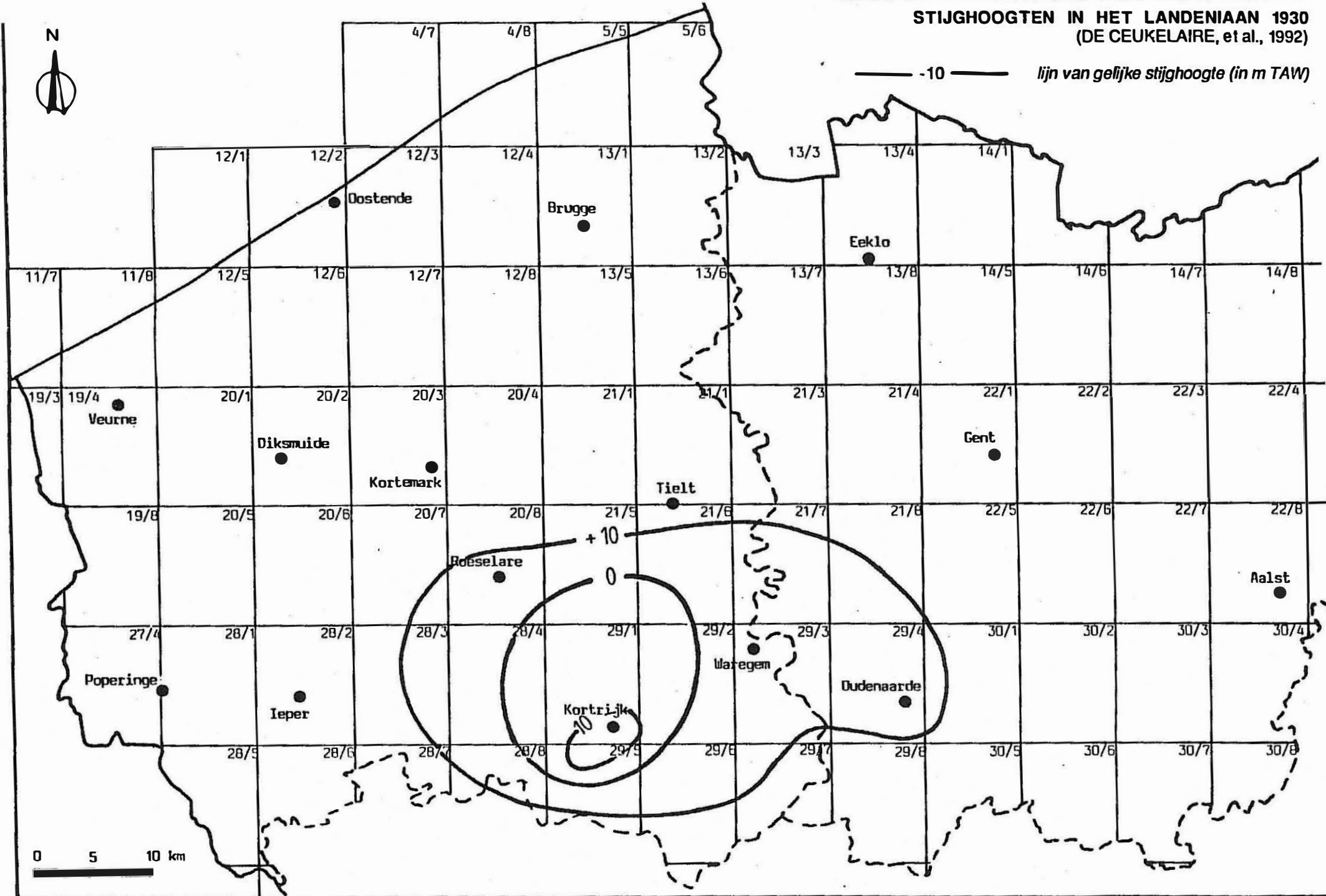
———— -10 ———— *lijn van gelijke stijghoogte (in m TAW)*



STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1920  
(DE CEUKELAIRE, et al., 1992)

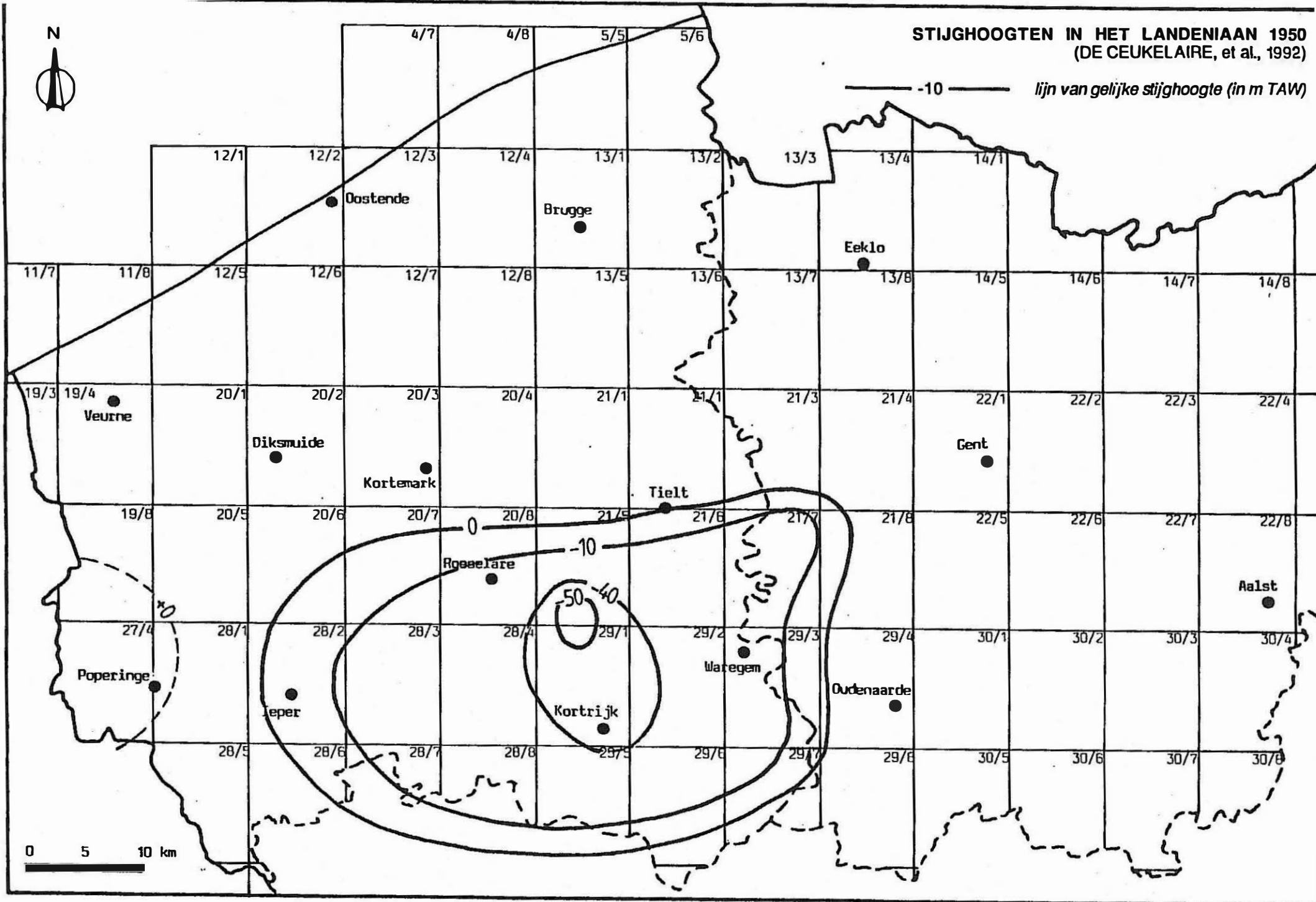


**STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1930**  
(DE CEUKELAIRE, et al., 1992)

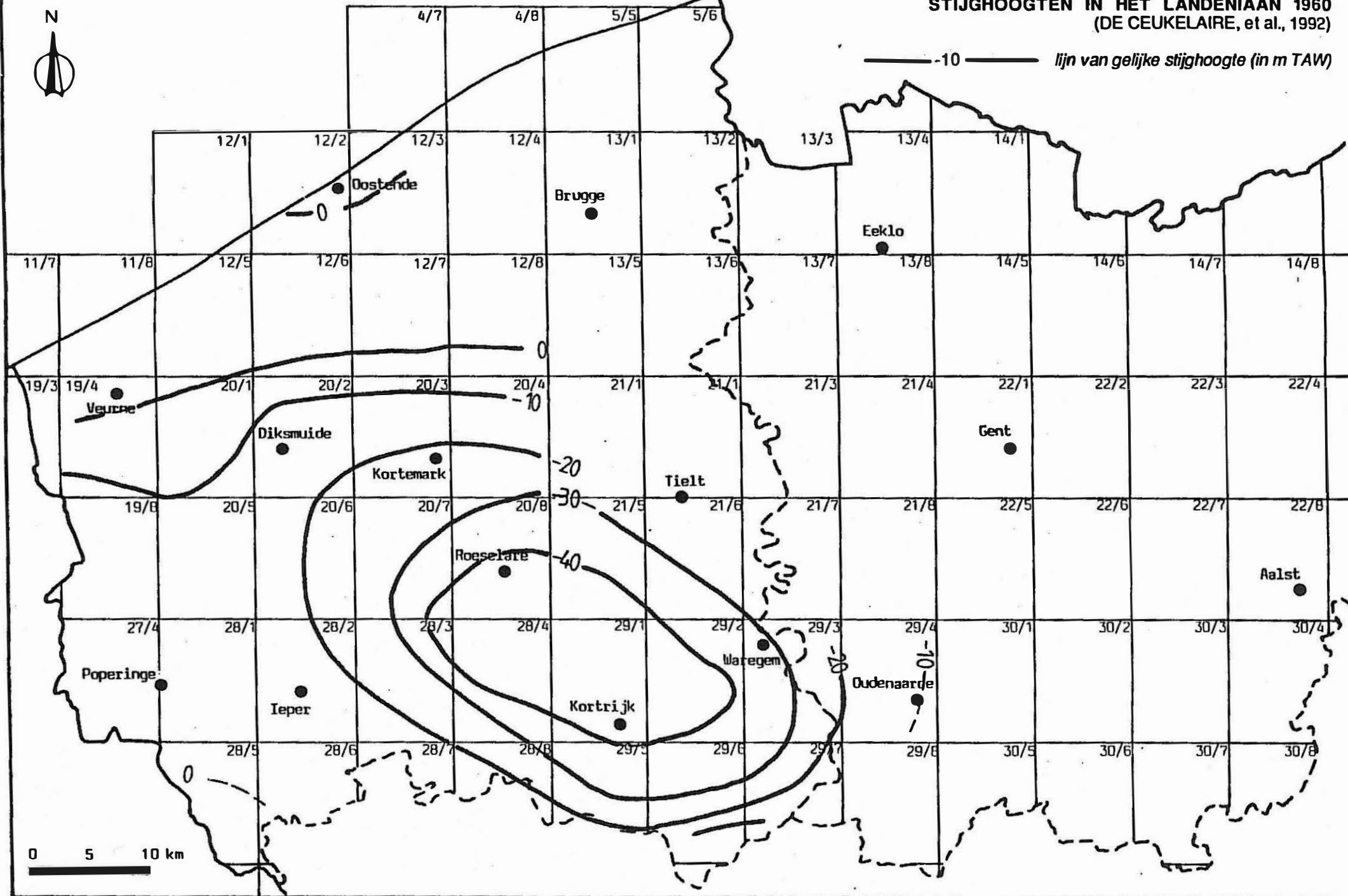




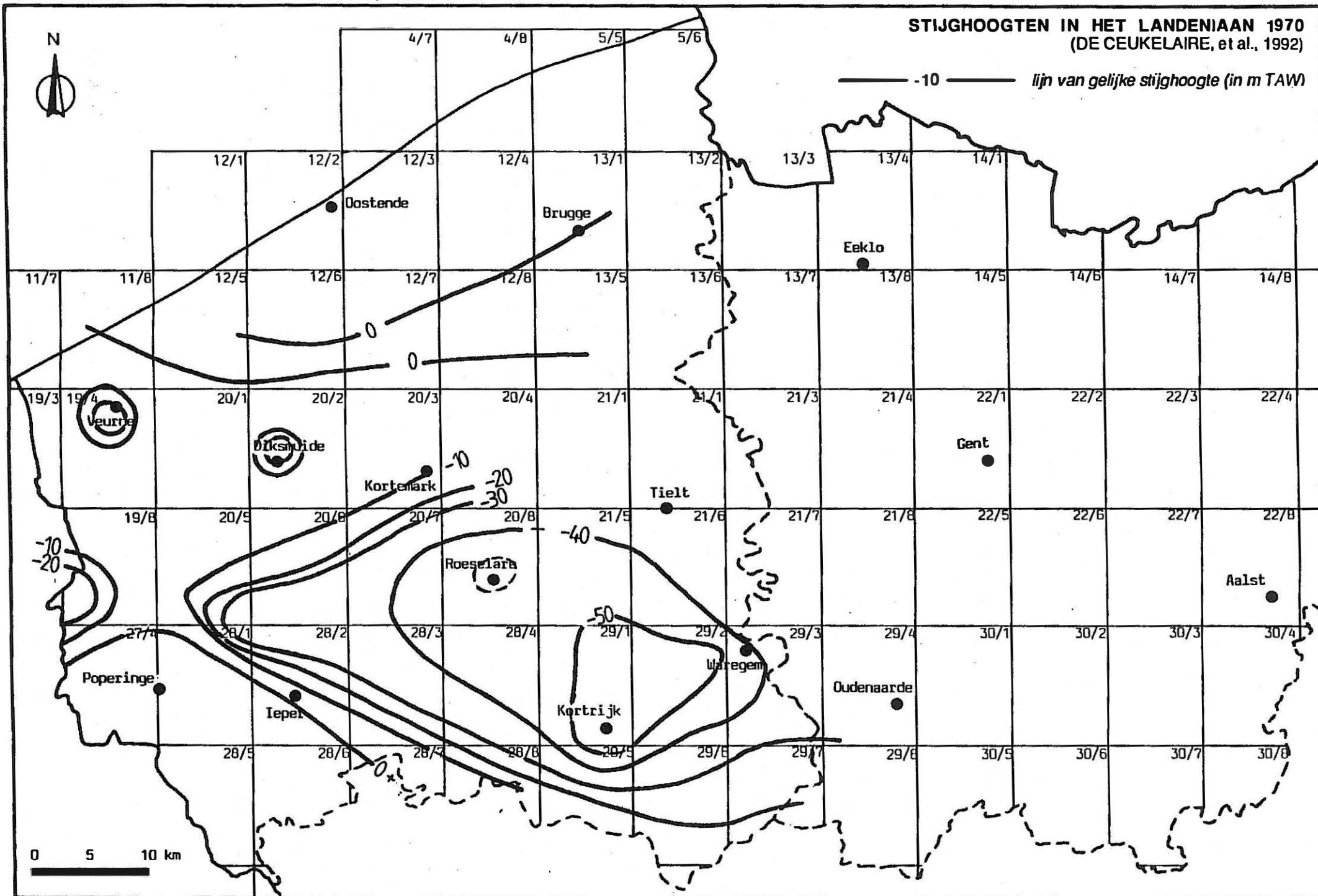
# STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1950 (DE CEUKELAIRE, et al., 1992)



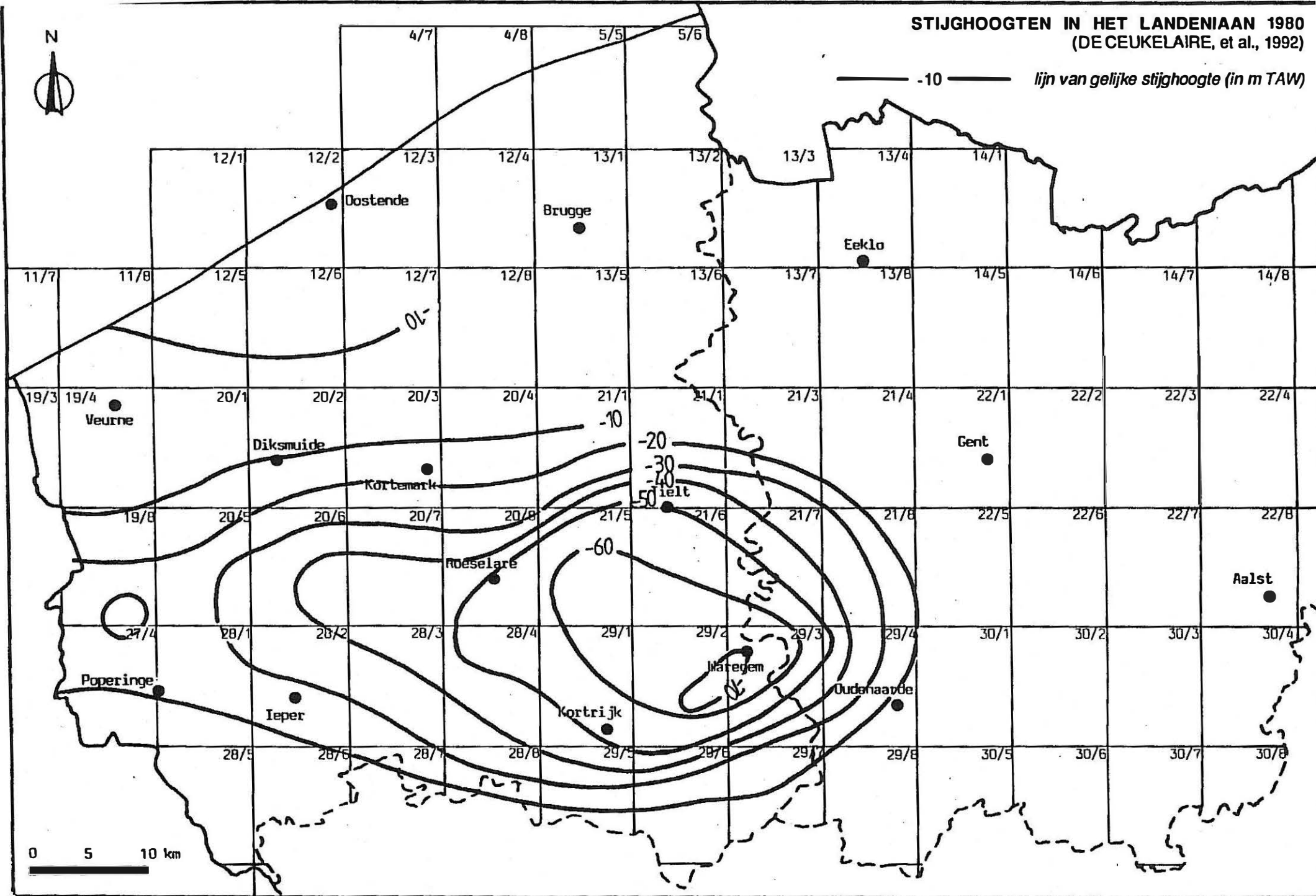
**STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1960**  
(DE CEUKELAIRE, et al., 1992)



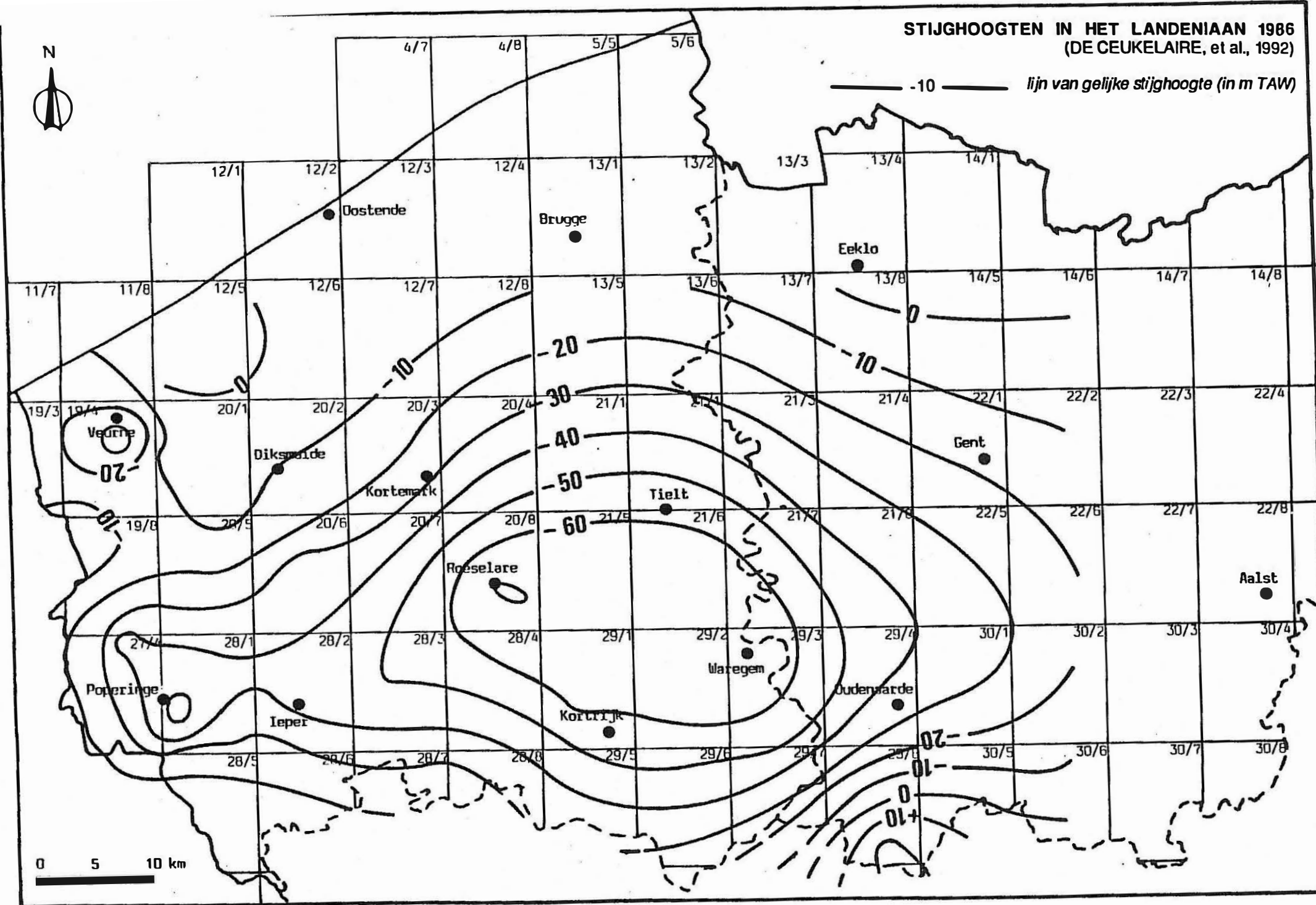
**STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1970**  
(DE CEUKELAIRE, et al., 1992)



**STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1980**  
(DE CEUKELAIRE, et al., 1992)

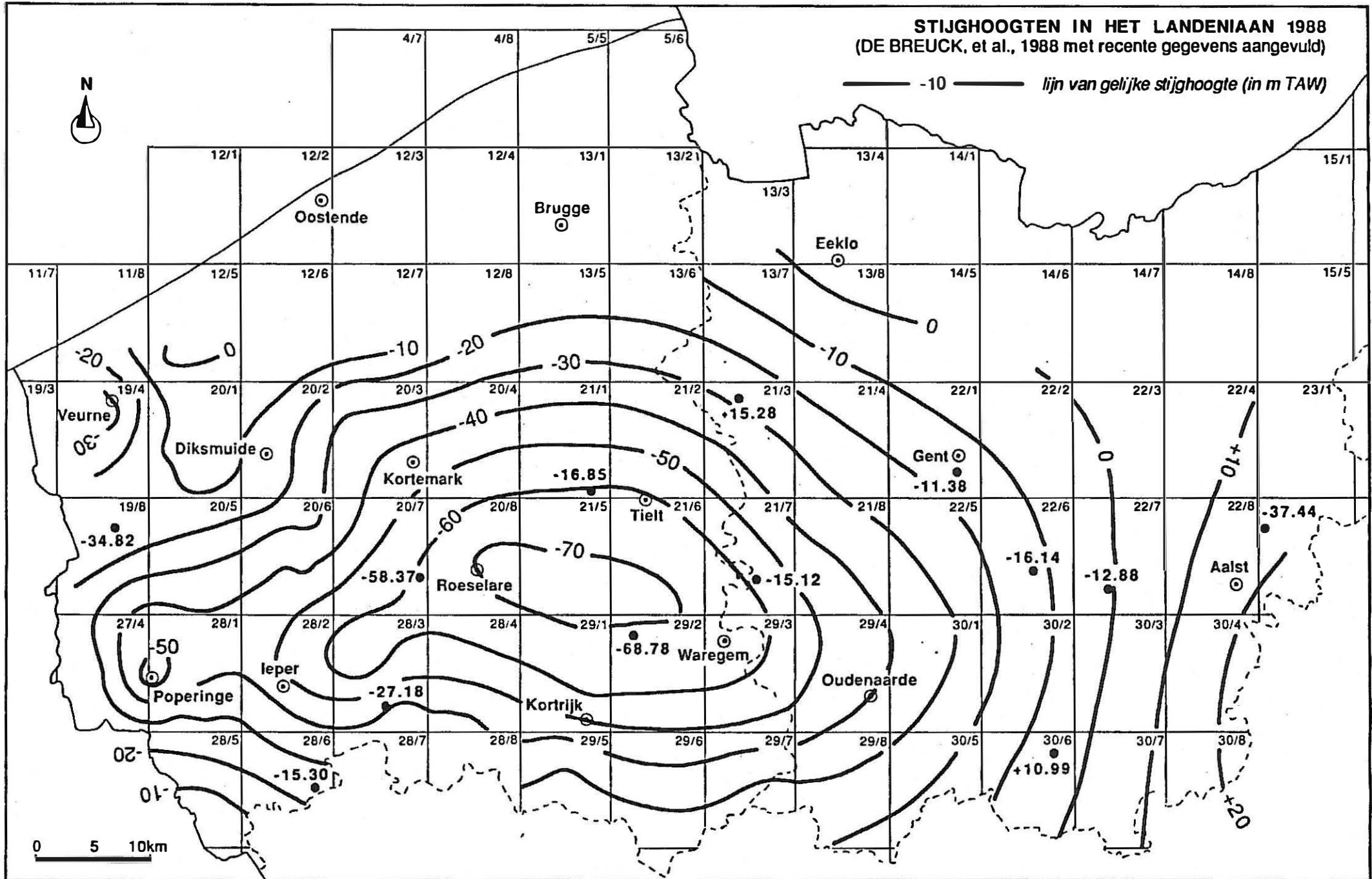


STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1986  
(DE CEUKELAIRE, et al., 1992)

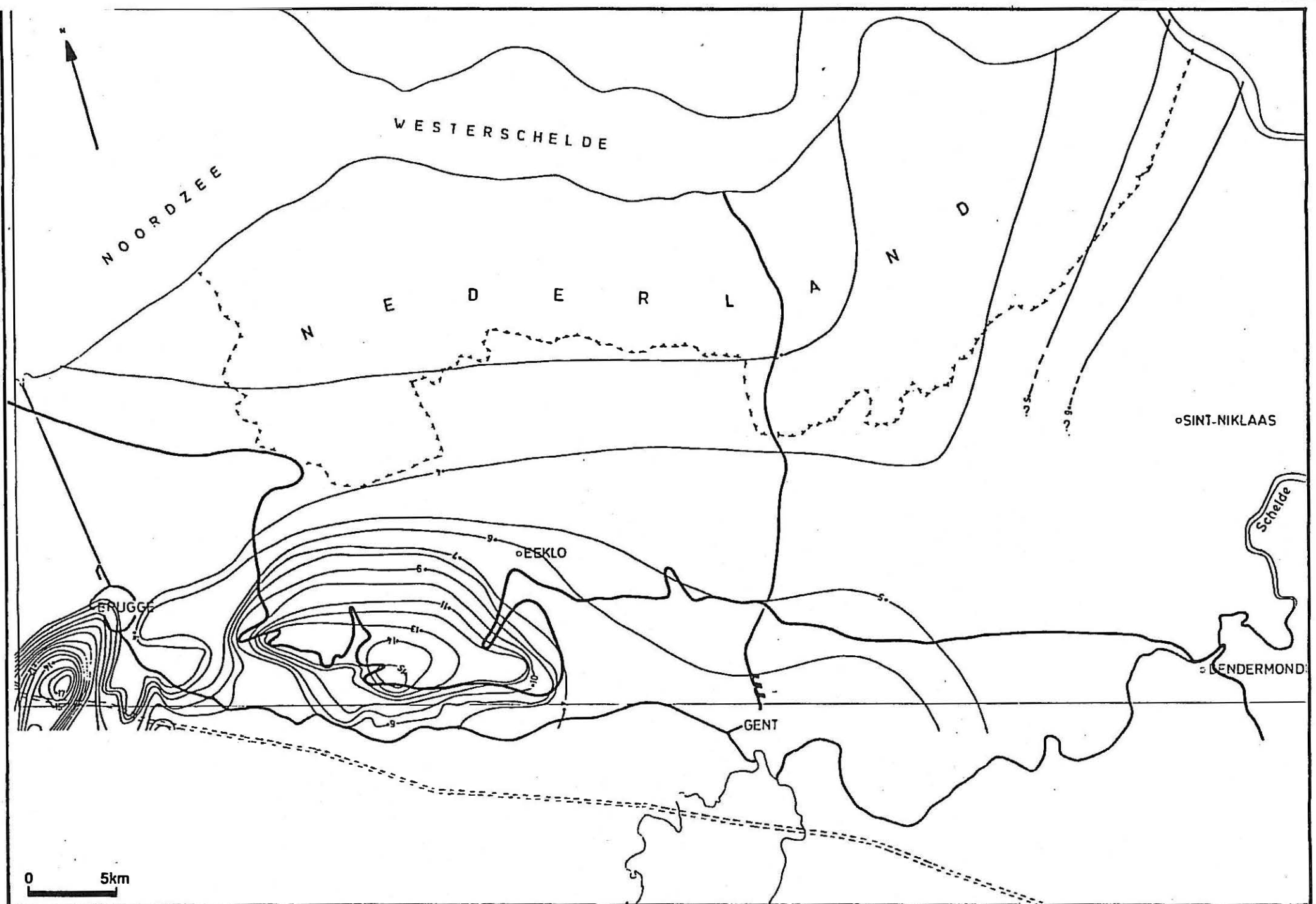


**STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1988**  
(DE BREUCK, et al., 1988 met recente gegevens aangevuld)

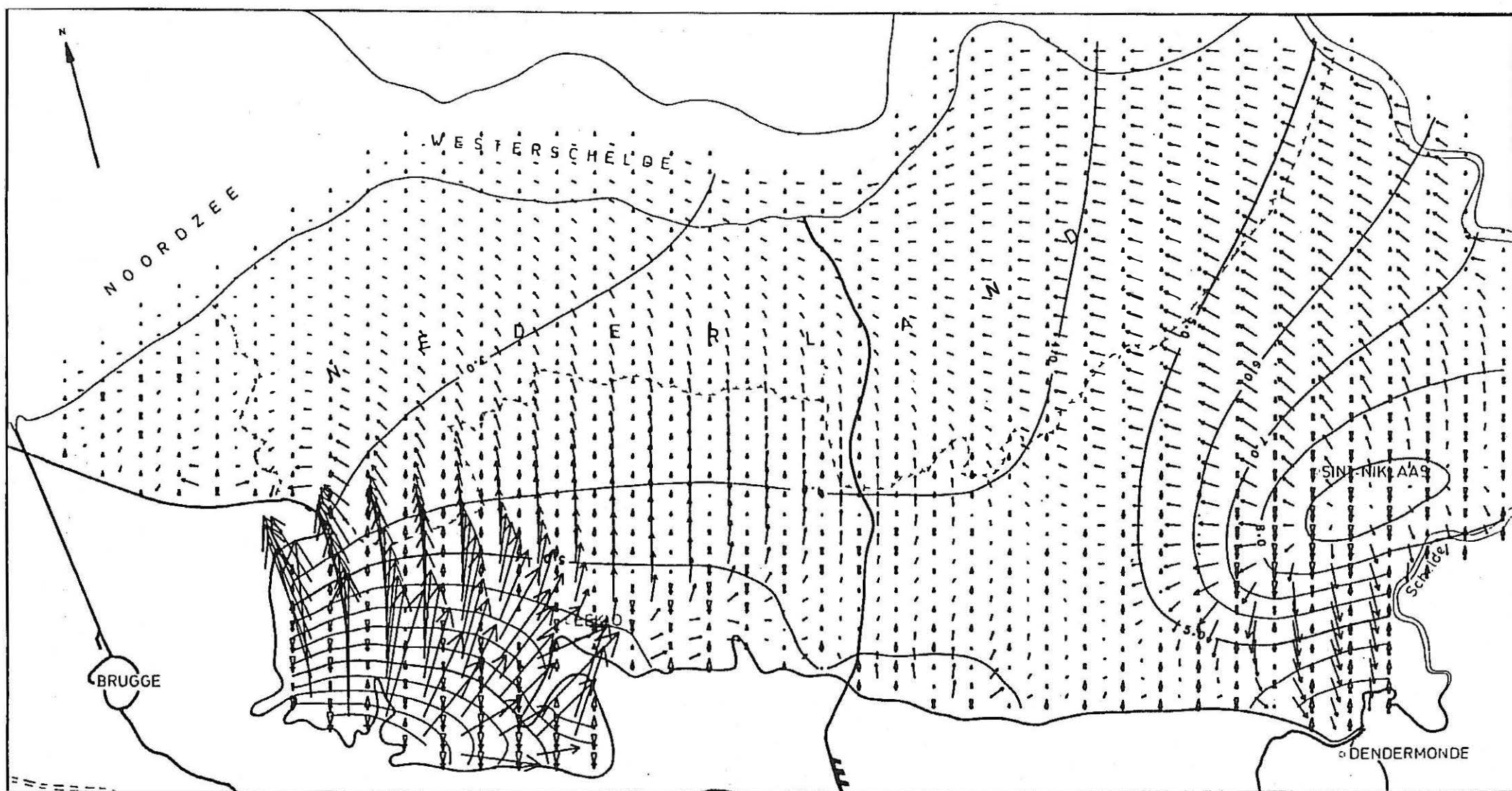
— -10 — lijn van gelijke stijghoogte (in m TAW)







Waargenomen stijghoogteverdeling in de Ledo-Paniseliaanleg ca. 1920 (WALRAEVENS, 1987)



# NATUURLIJKE GRONDWATERSTROMING IN DE LEDO-PANISELIAANLAAG

LAAG 2

ISOLIJNEN

DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN

SCHAAL 1/200000.

LIJNEN OM DE 1.00 METER

VEKTORLENGTE VAN 0.0011 M/D

DARCIAANSE VERTIKALE SNELHEDEN  $V_v$  (mm/jaar)

VERTIKALE SYMBOOLLENGTE =  $HDT \cdot L_{eq} \cdot (10 \cdot V_v) / 4$

Δ UITSTROMING NAAR BOVENLIGGENDE LAAG

▽ INSTROMING VANUIT BOVENLIGGENDE LAAG

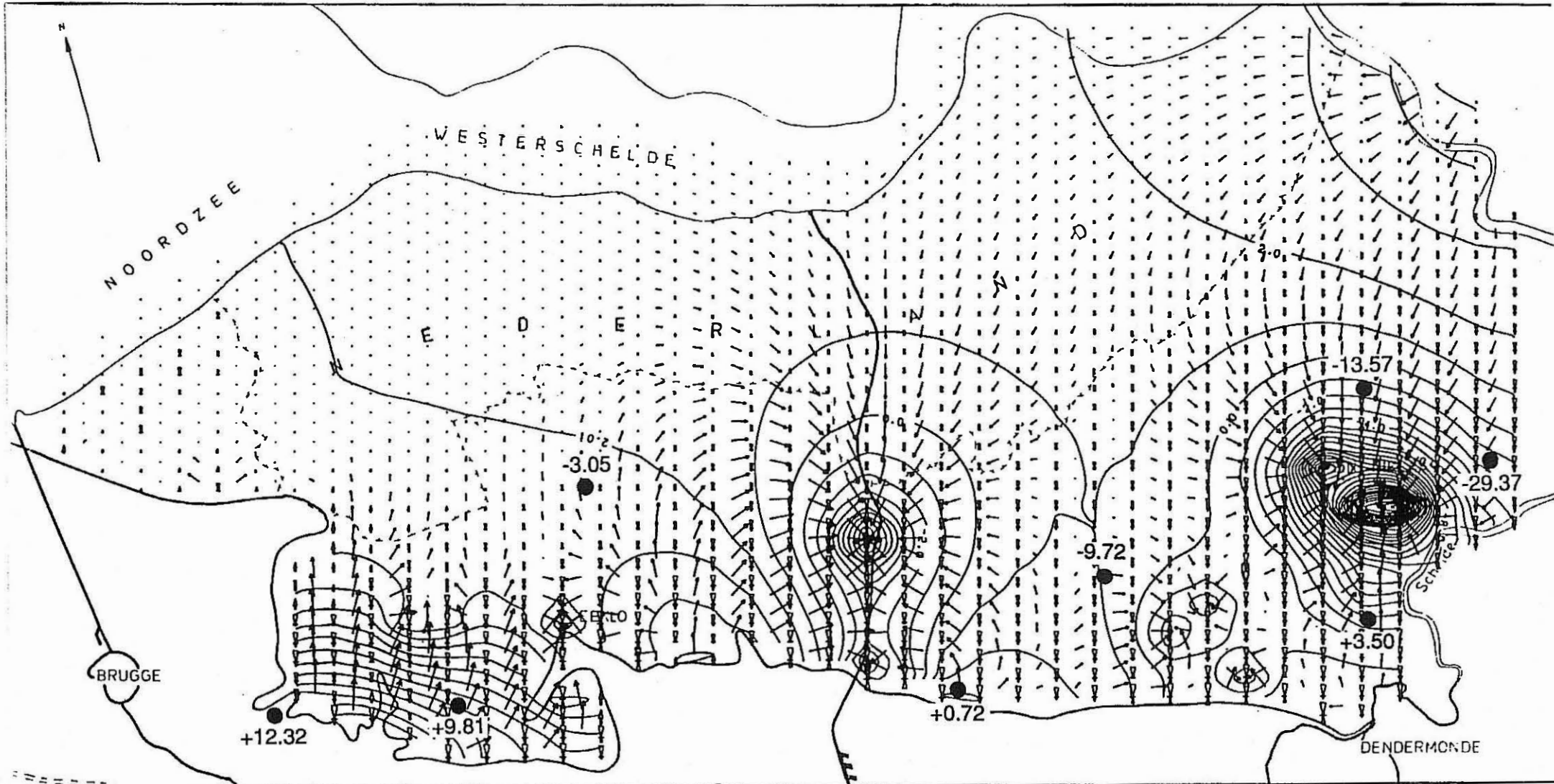
▽ UITSTROMING NAAR ONDERLIGGENDE LAAG

Δ INSTROMING VANUIT ONDERLIGGENDE LAAG

0 5km

Berekende stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan bij natuurlijke omstandigheden (WALRAEVENS, 1987)





# TOESTAND IN DE LEDO-PANISELIAAN AAG BIJ GRONDWATERWINNING

LAAG 2

ISOLIJNEN

LIJNEN OM DE 1.00 METER

DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN

→ VEKTORLENGTE VAN 0.0011 M/D

→ VEKTORLENGTE VAN 0.011 M/D

DARCIAANSE VERTIKALE SNELHEDEN  $V_v$  (mm/jaar)

VERTIKALE SYMBOOLLENGTE =  $H_0(1 - L_0(10 \cdot V_v)) / 4$

Δ UITSTROMING NAAR BOVENLIGGENDE LAAG

▽ INSTROMING VANUIT BOVENLIGGENDE LAAG

▽ UITSTROMING NAAR ONDERLIGGENDE LAAG

Δ INSTROMING VANUIT ONDERLIGGENDE LAAG

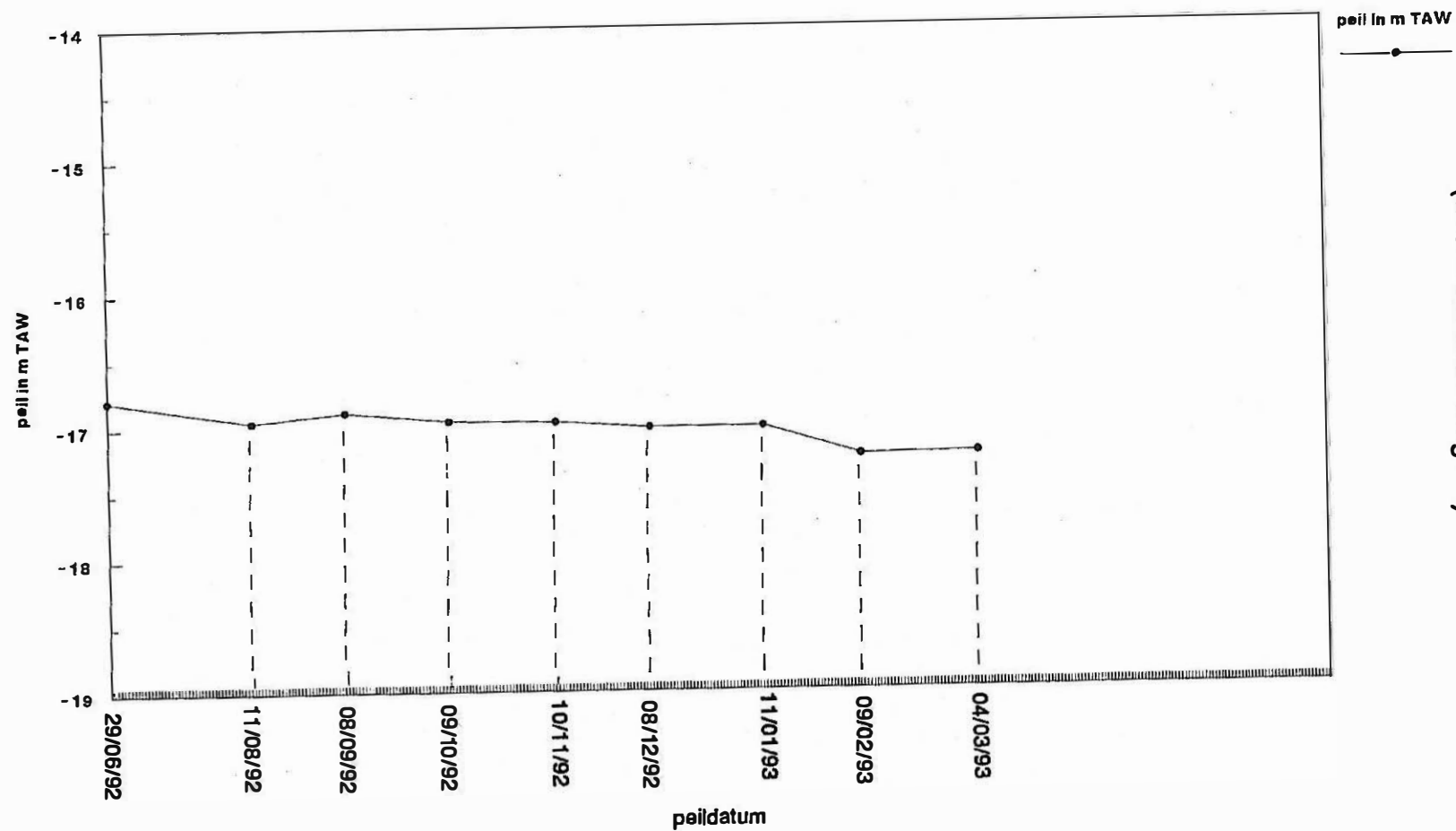
0 5km

terekende stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan bij grondwaterwinningen (WALRAEVENS, 1987)

## **BIJLAGE 2**

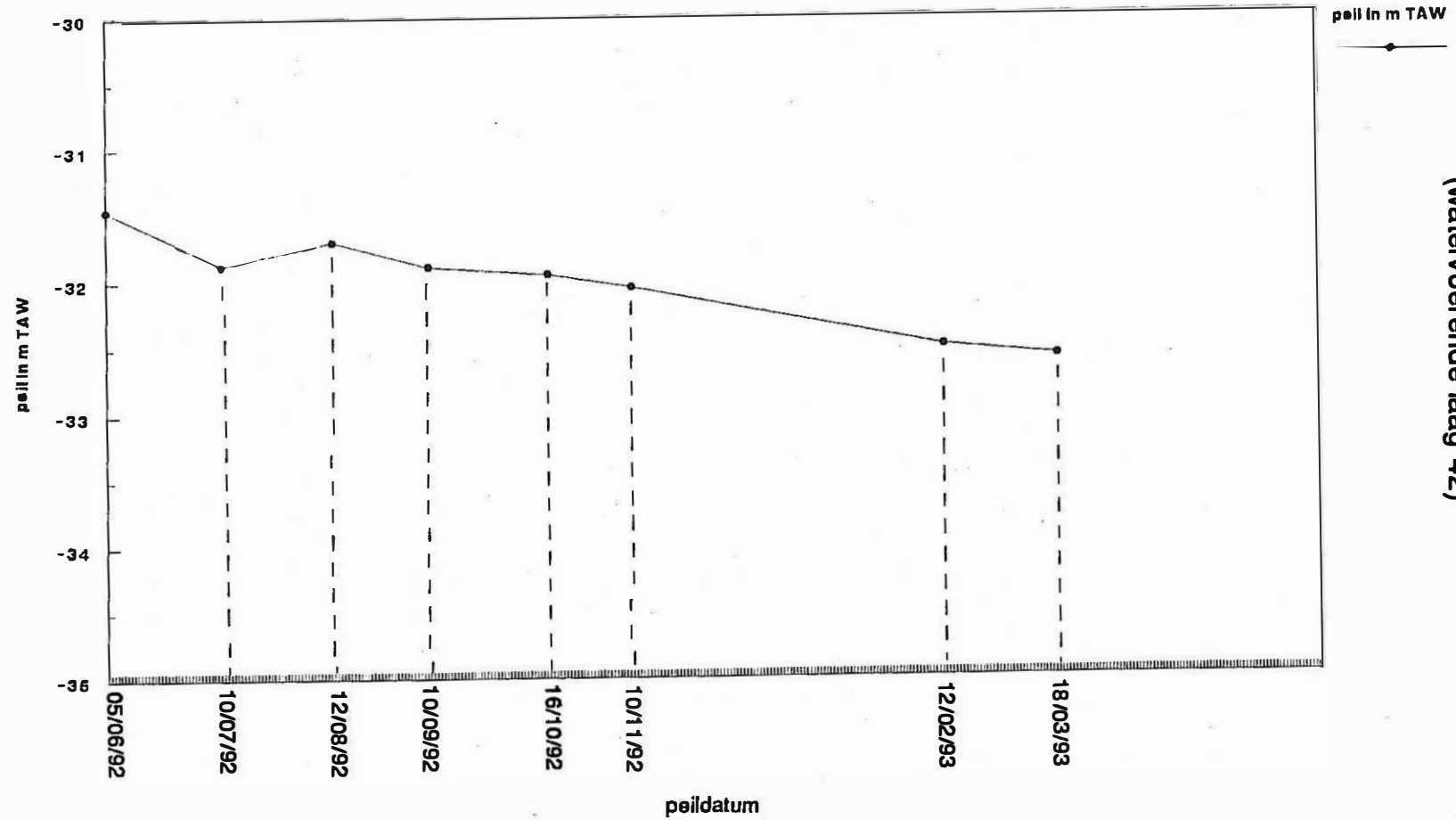
### **Grafieken**

PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
ZOTTEGEM 30.2 401



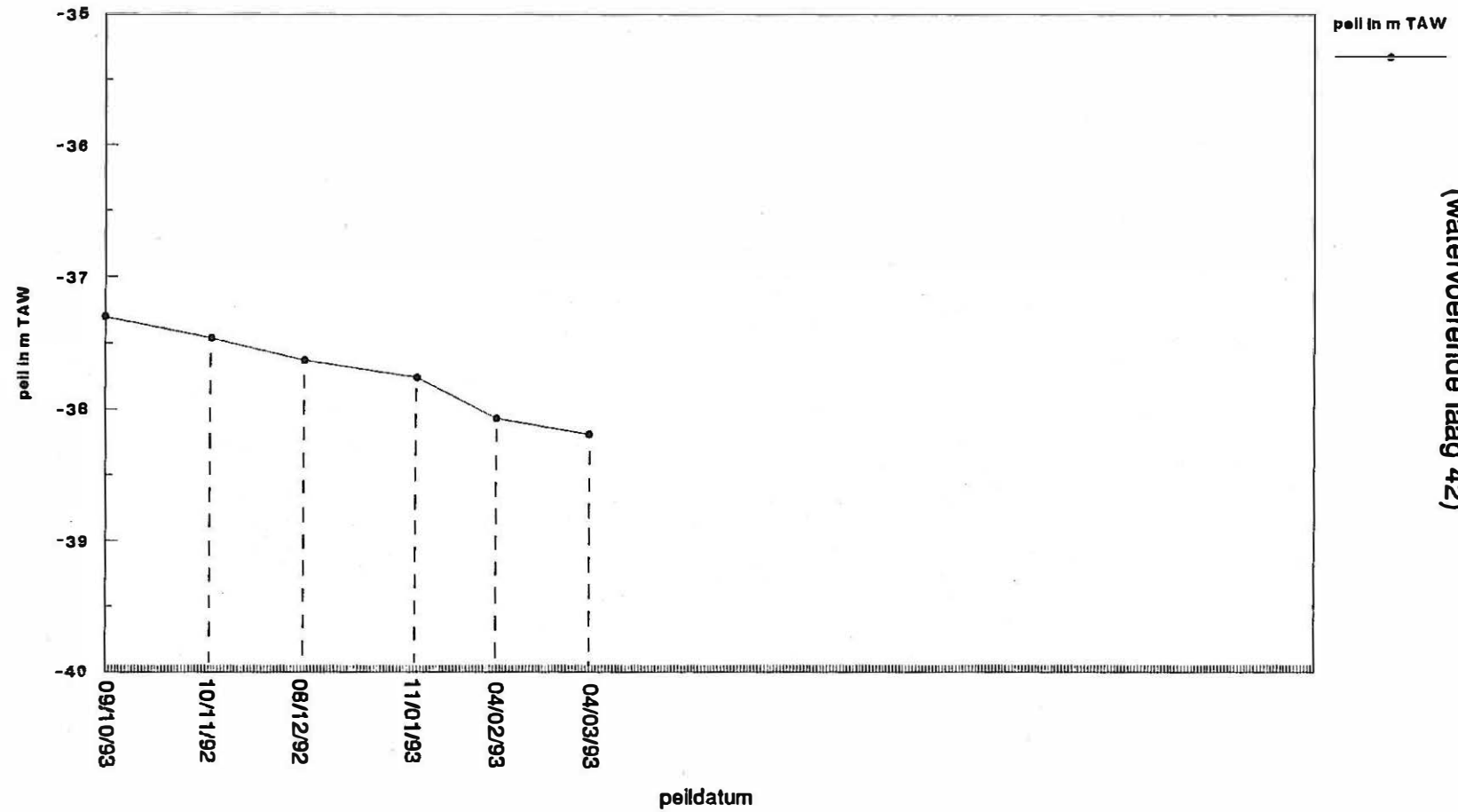
Massief van Brabant  
(watervoerende laag 42)

PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
NAZARETH 22.6 40 1

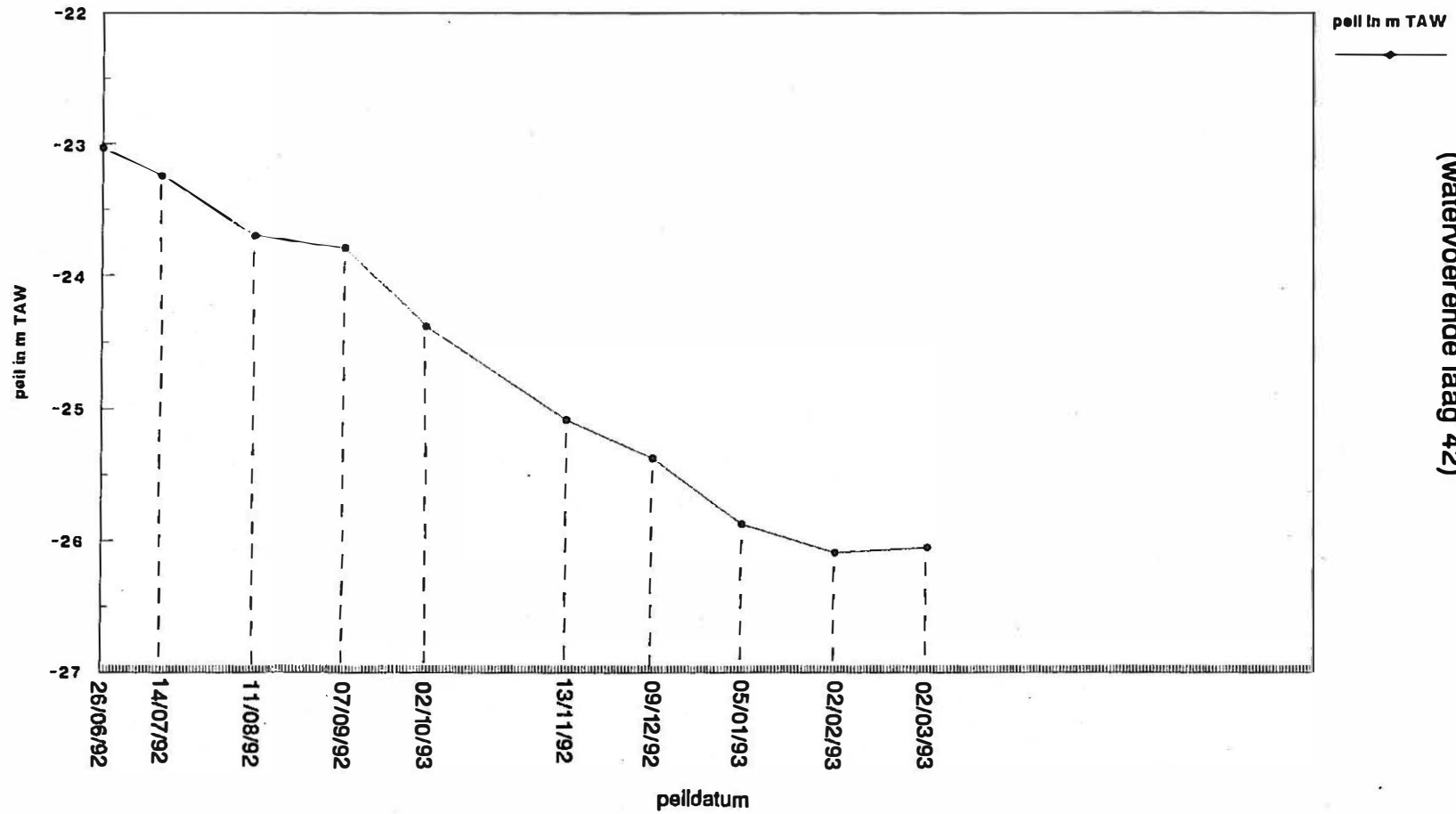


Massief van Brabant  
(watervoerende laag 42)

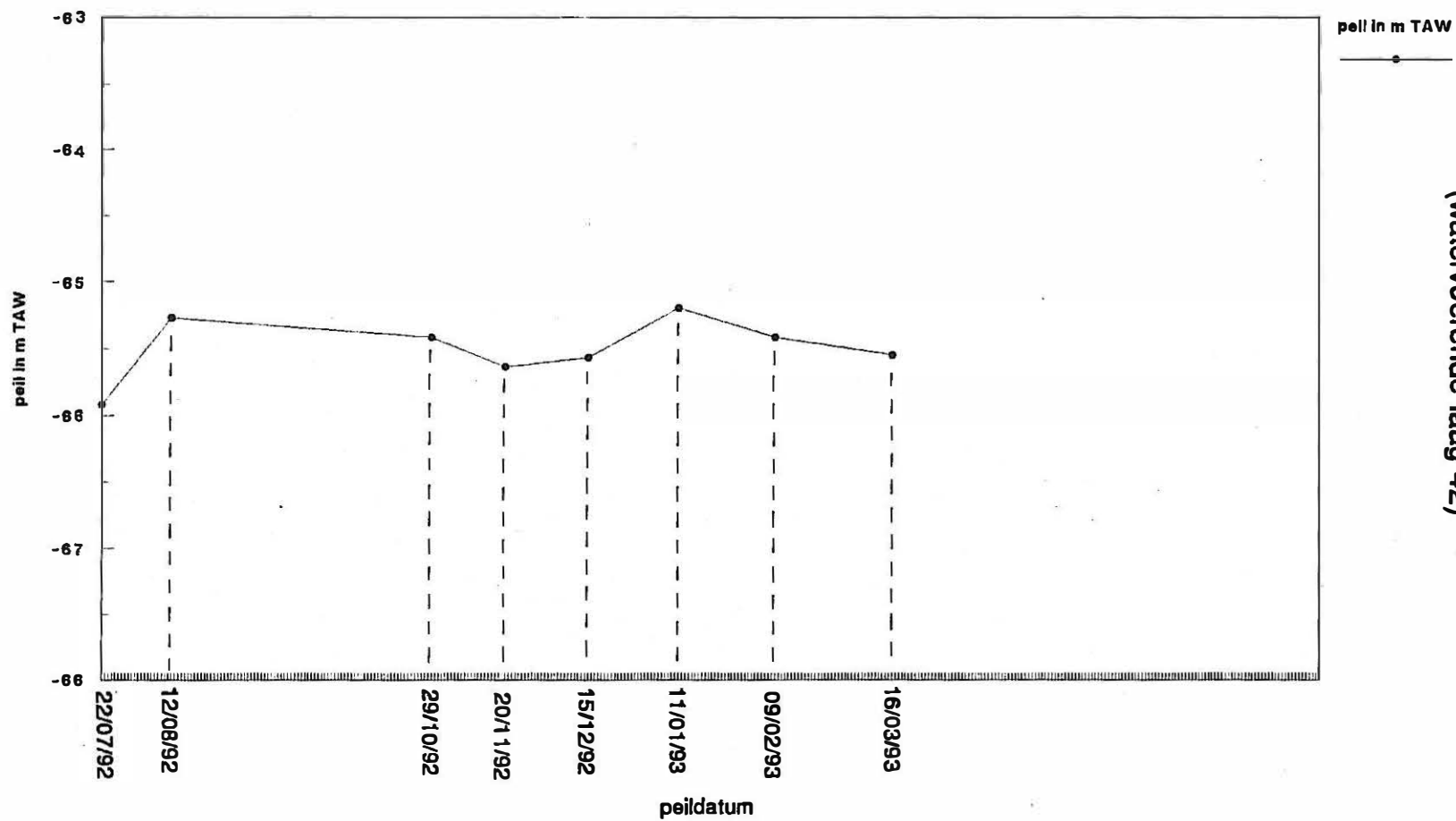
PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
SINT-LIEVENS-HOUTEM 22.7 801



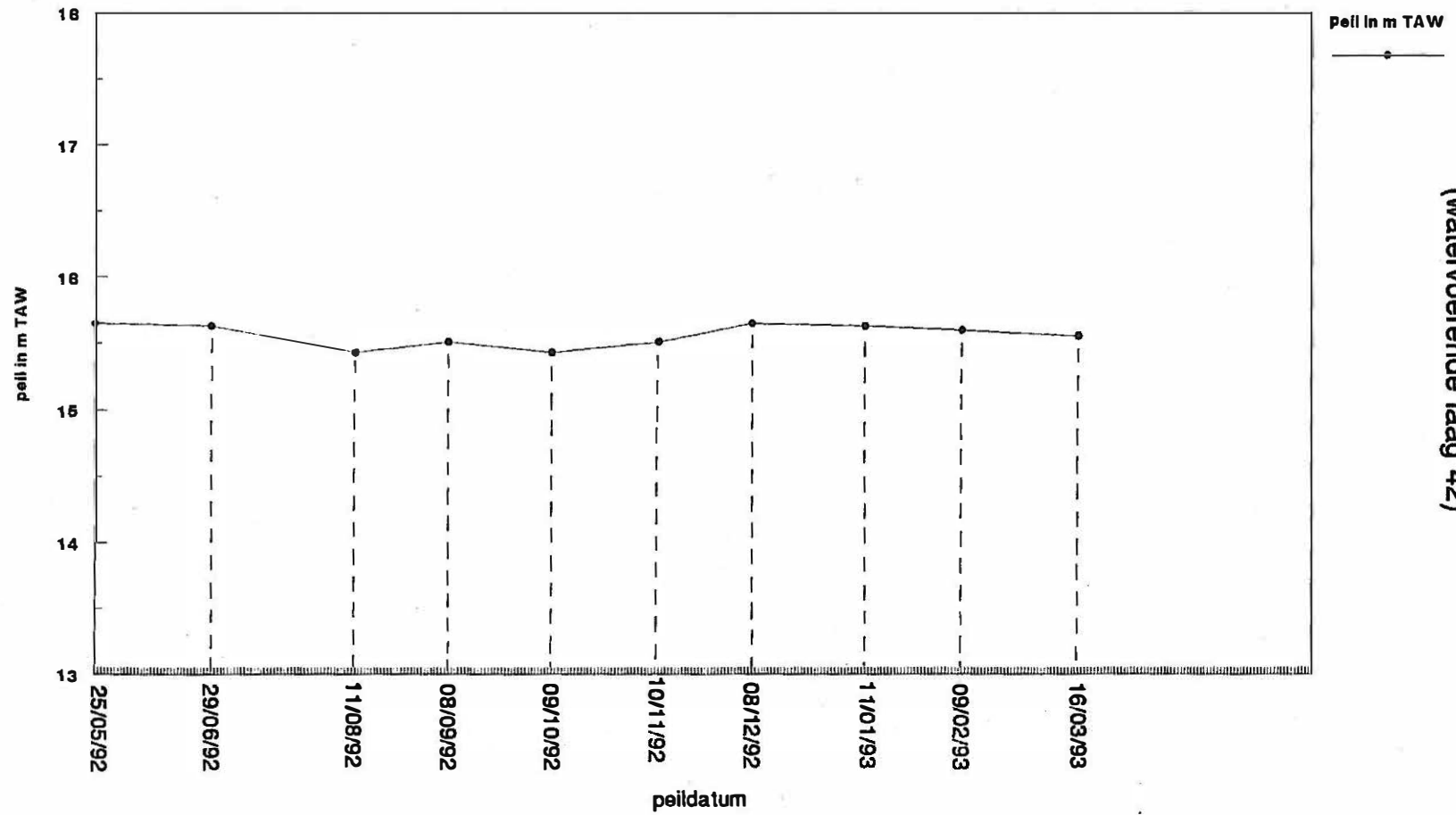
PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
DENDERMONDE 23.1 702



PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
WORTEGEM-PETEGEM 29.3 601



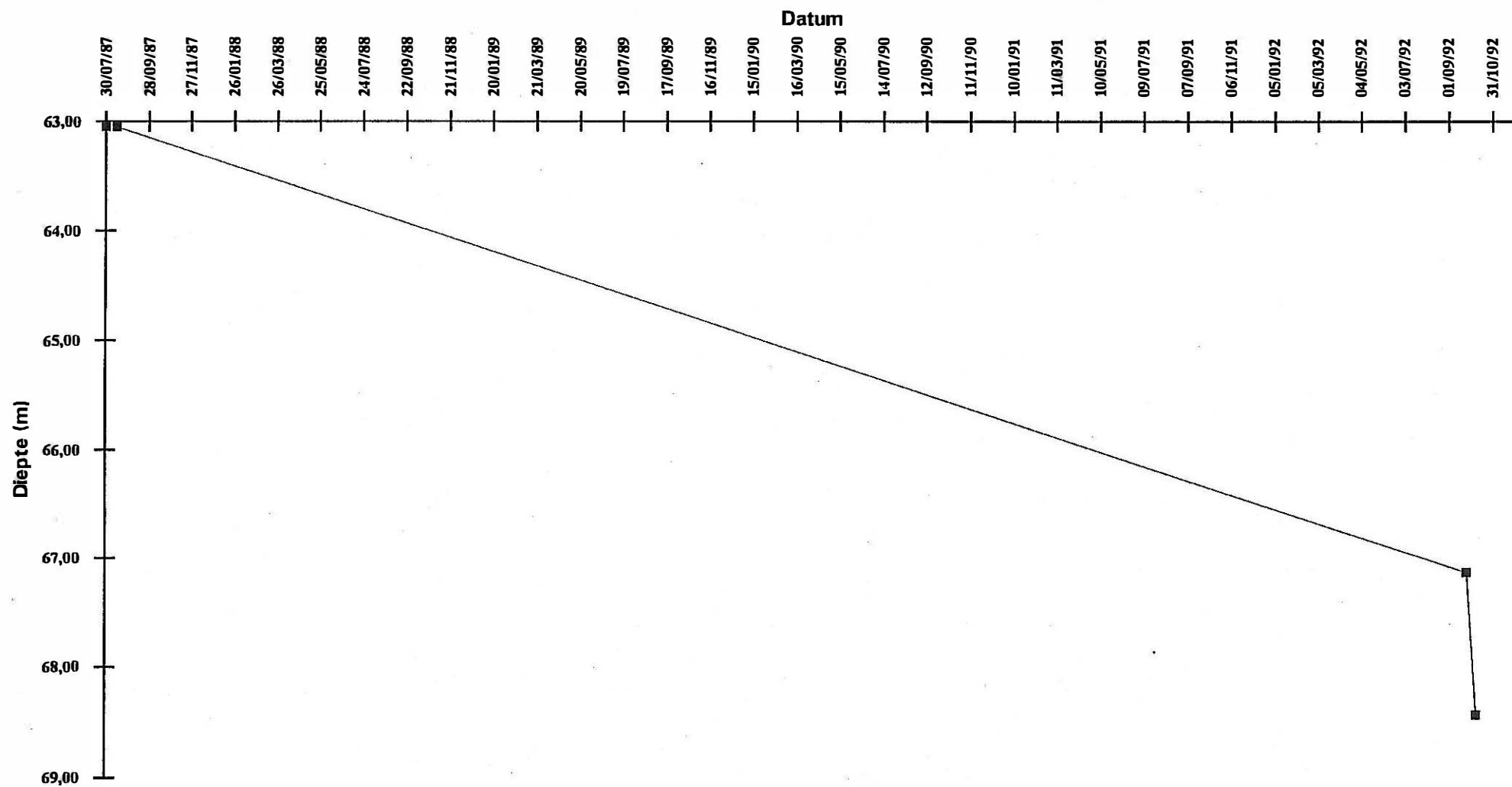
PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
GERAARDSBERGEN 30.8 601



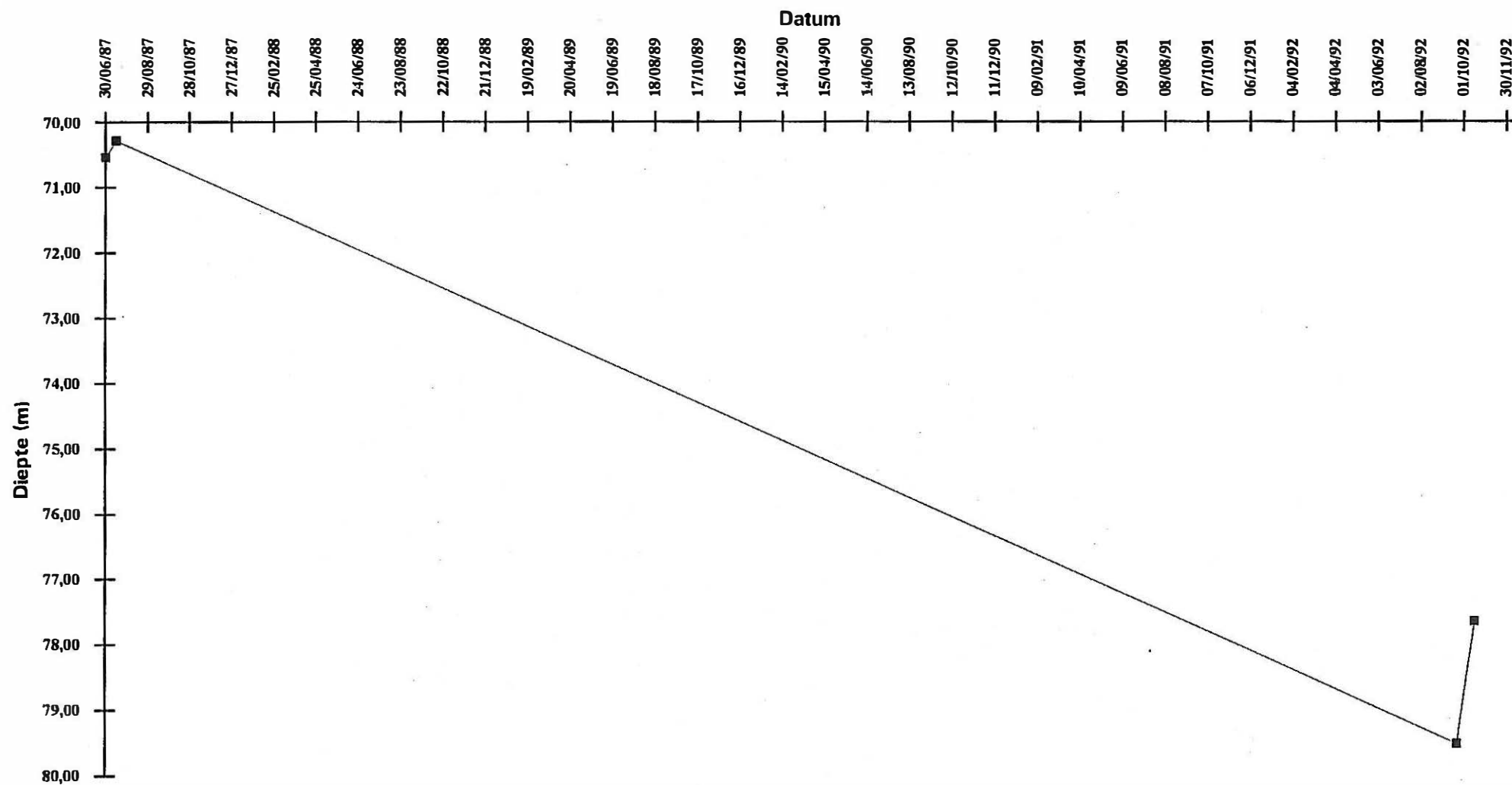
Massief van Brabant  
(watervoerende laag 42)



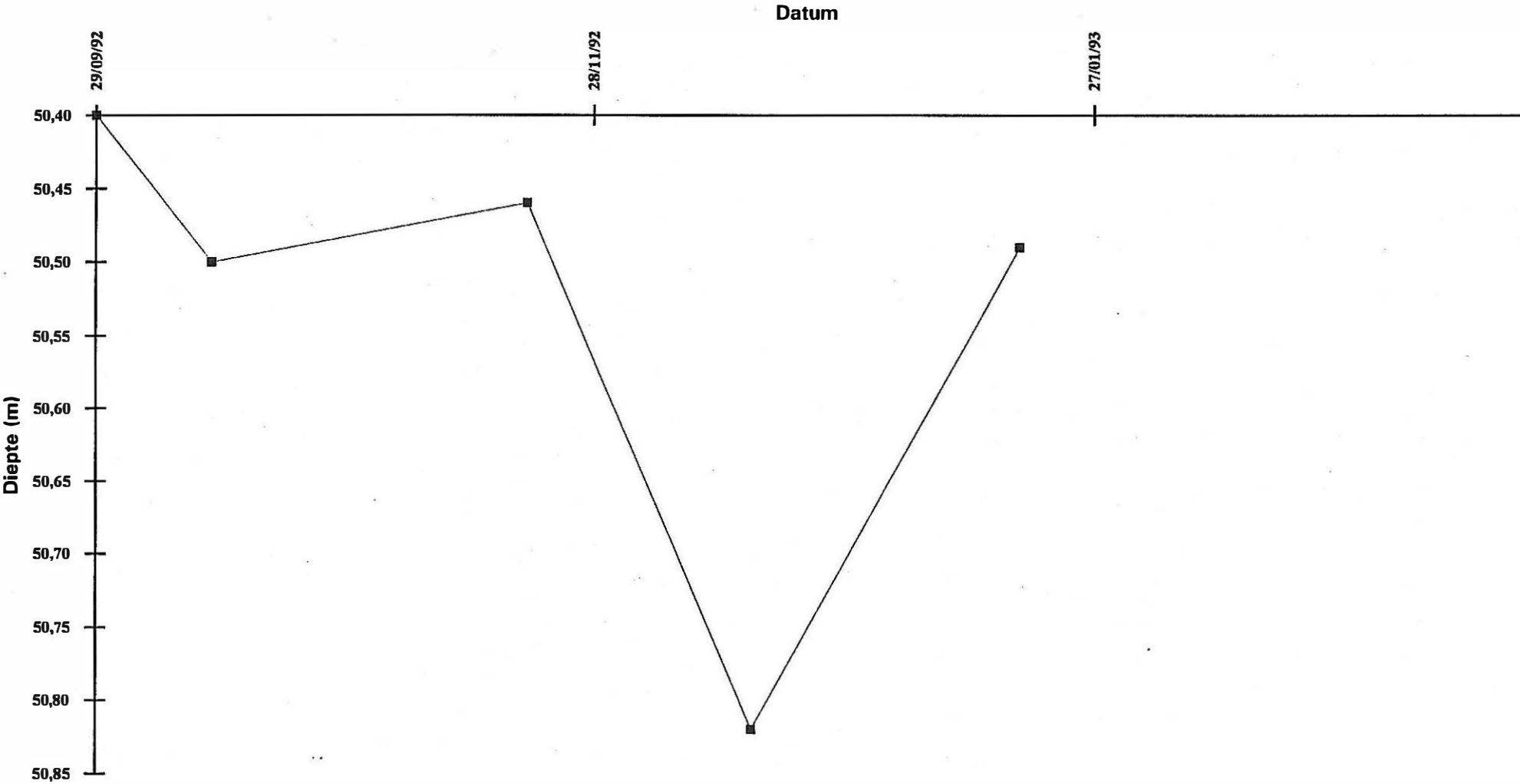
8510 MARKE



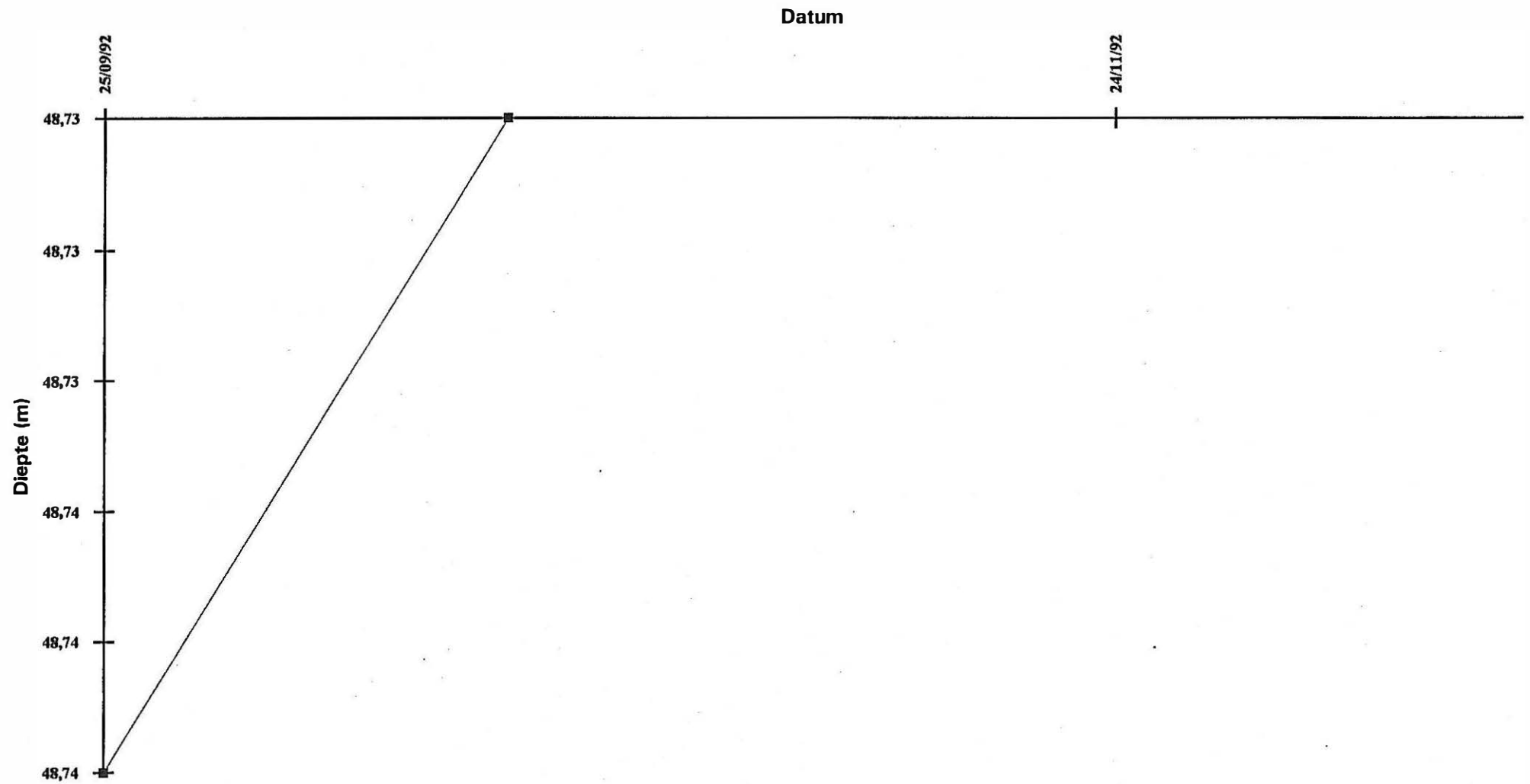
8940 WERVIK



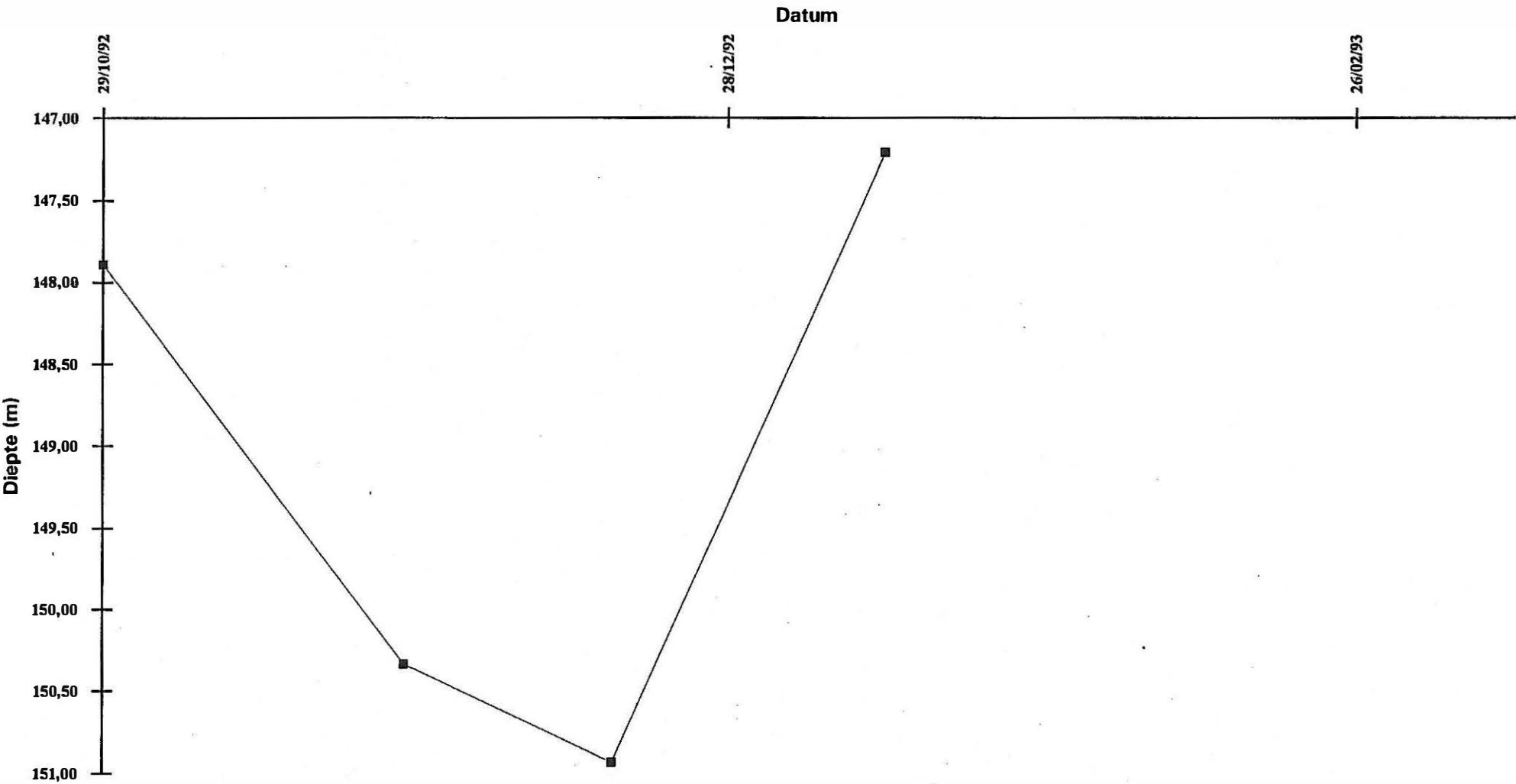
8580 AVELGEM



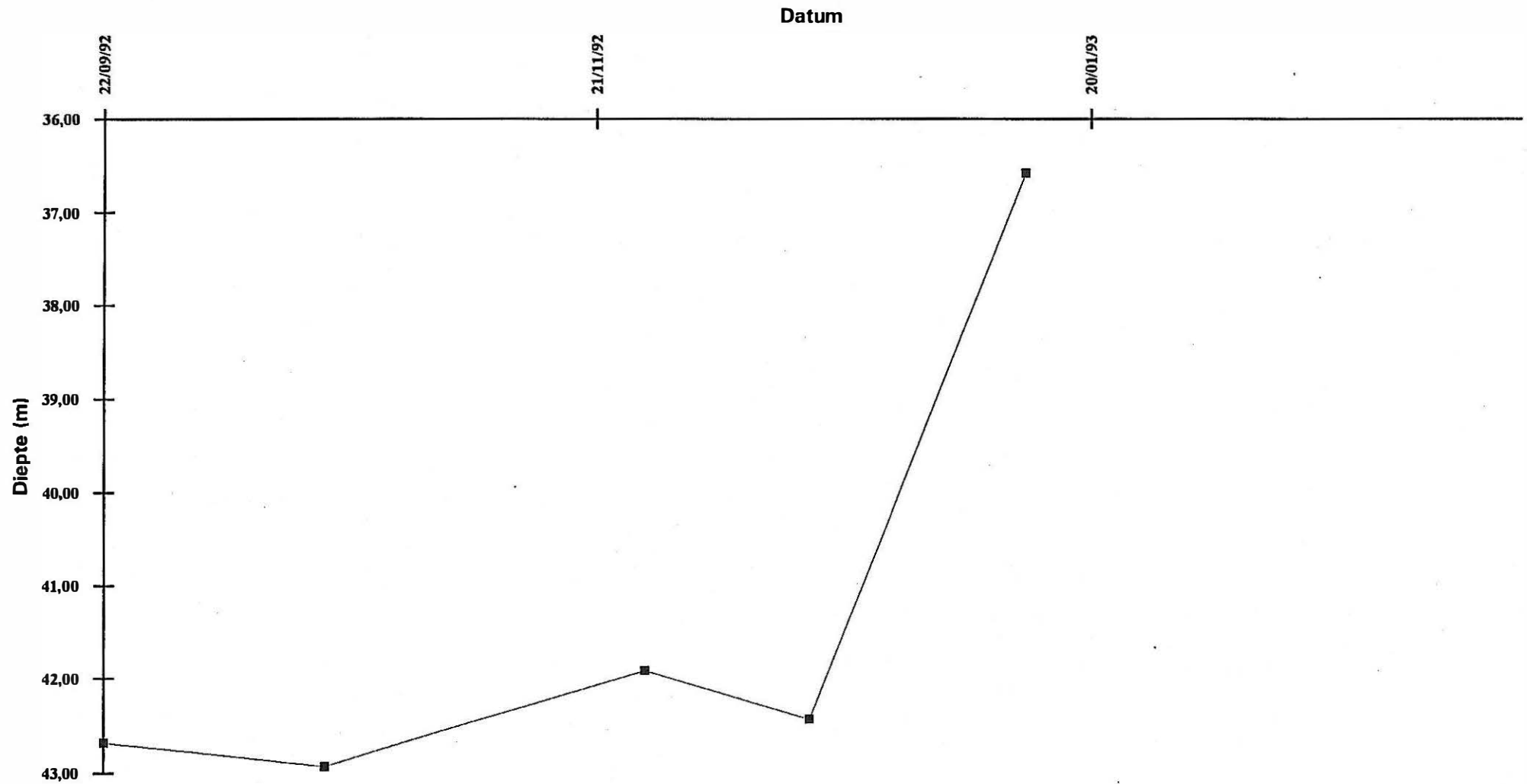
8930 MENEN



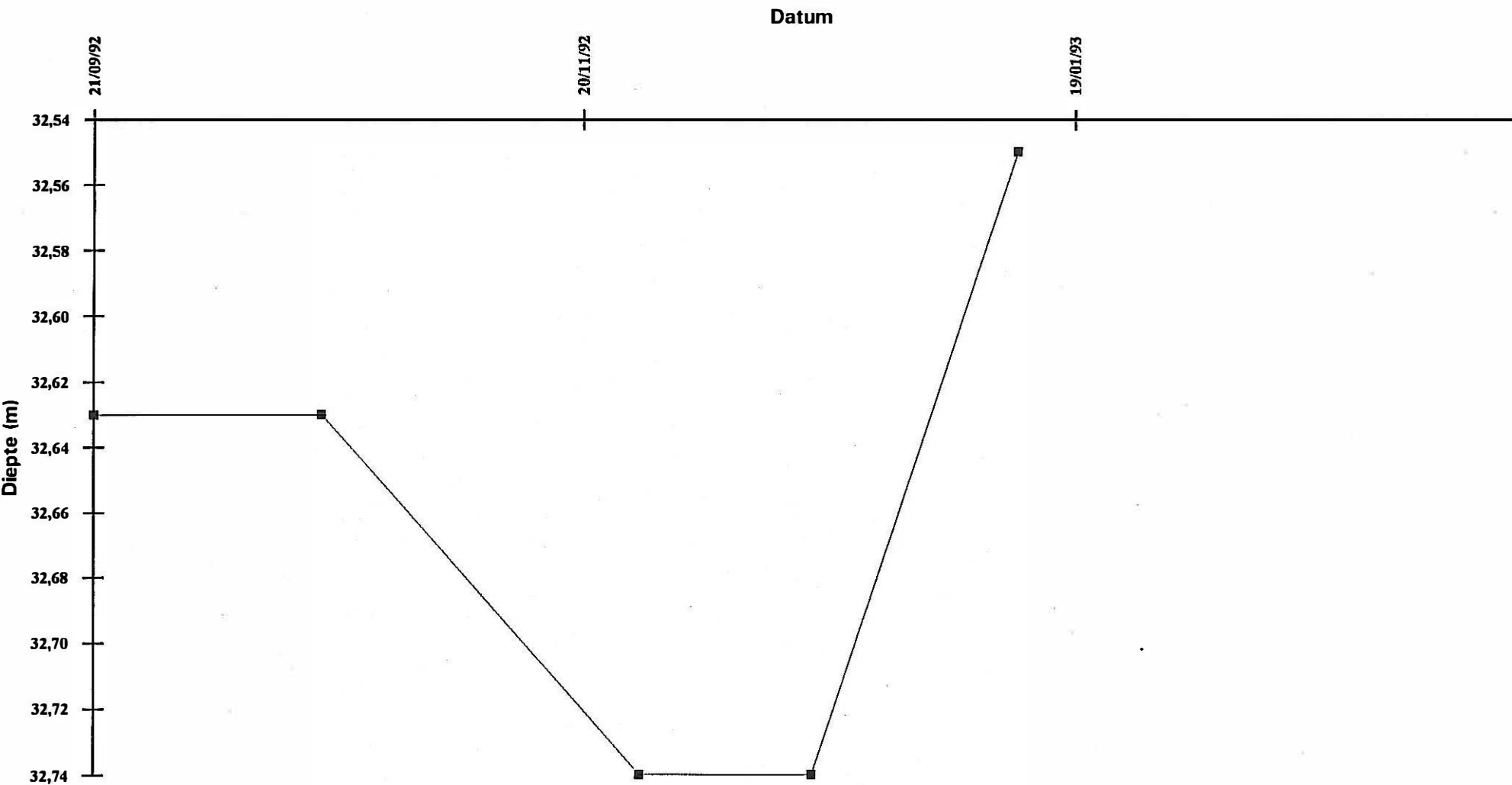
8930 MENEN



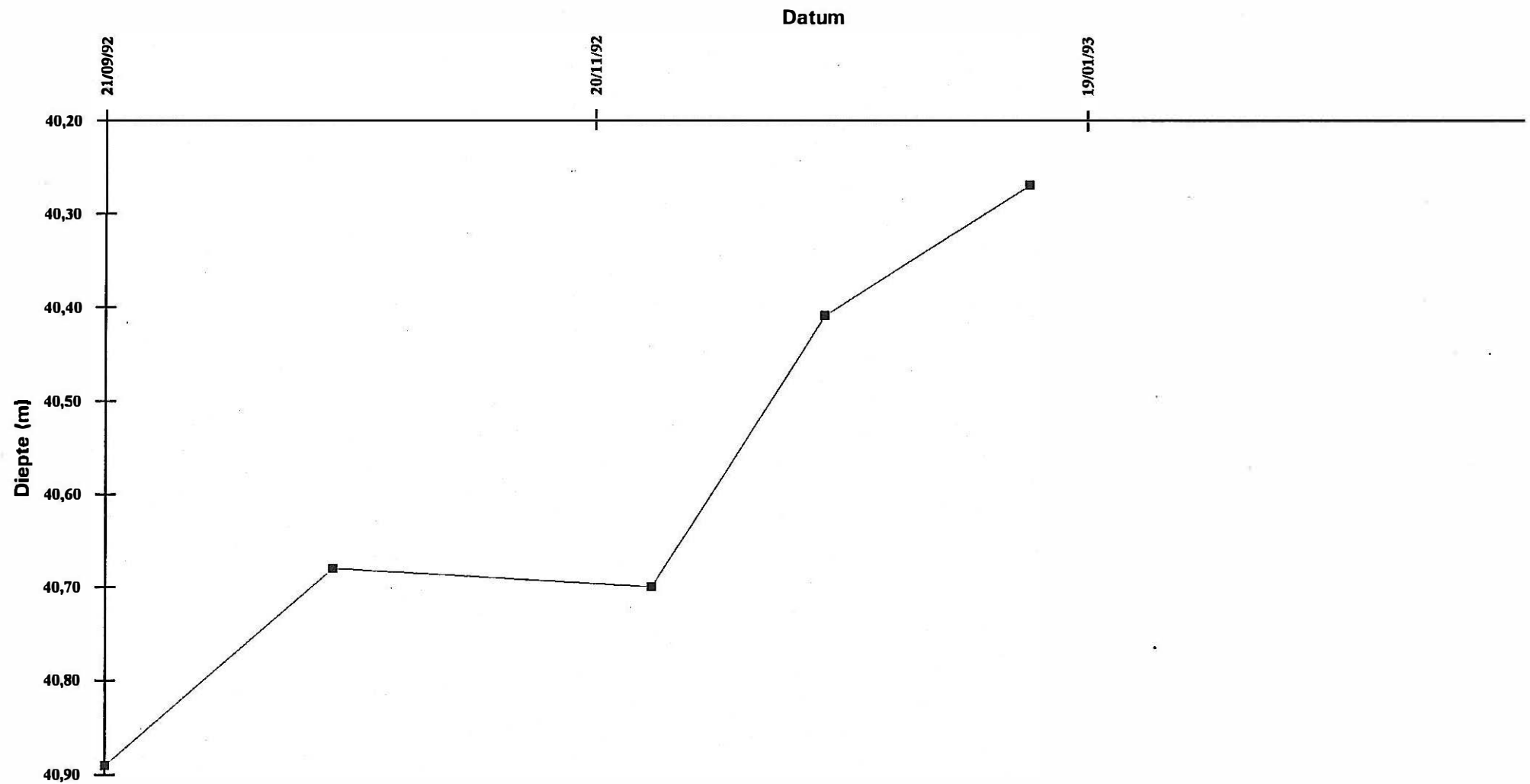
8940 WERVIK



8902 ZILLEBEKE

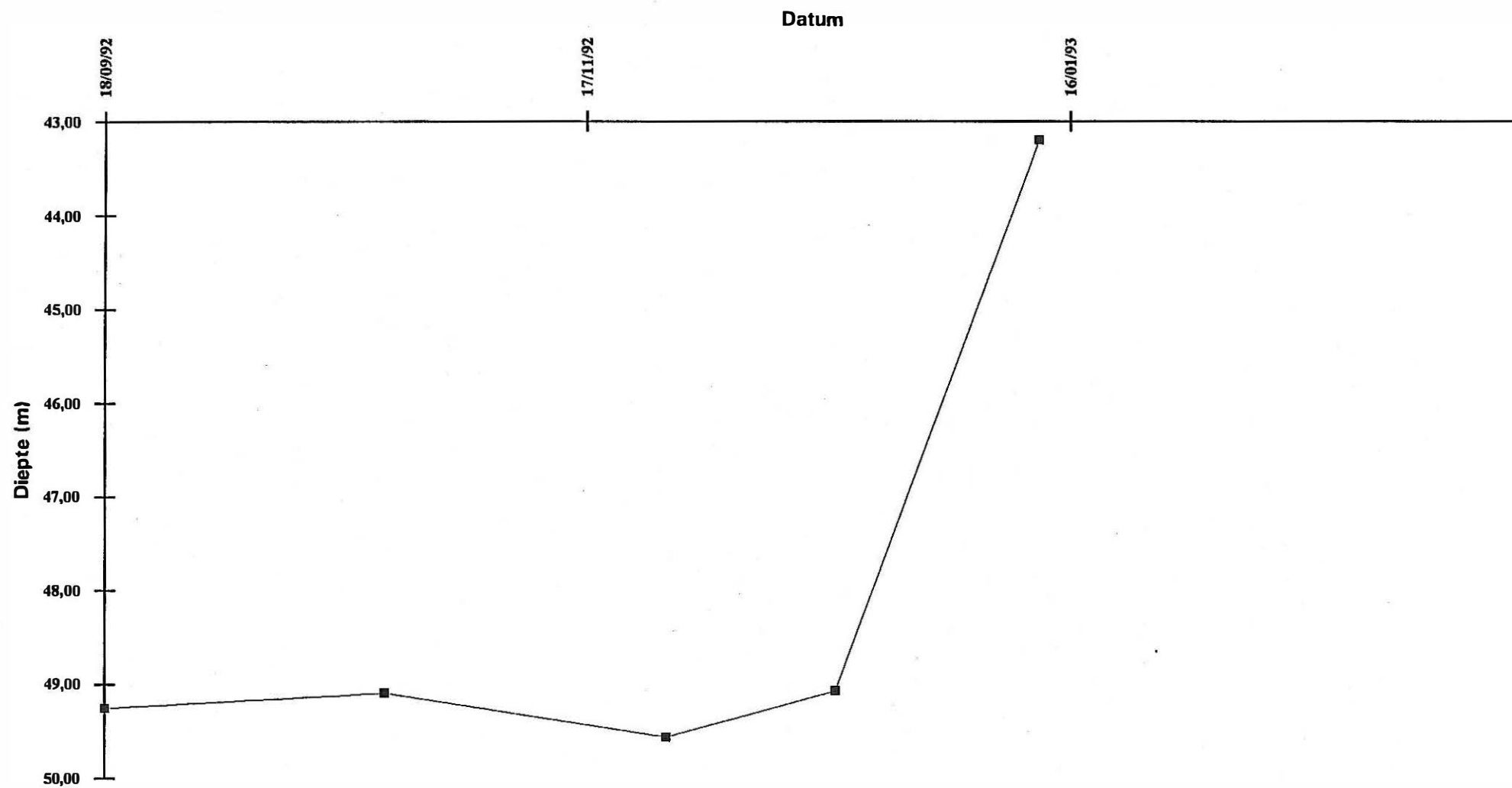


8950 NIEUWKERKE

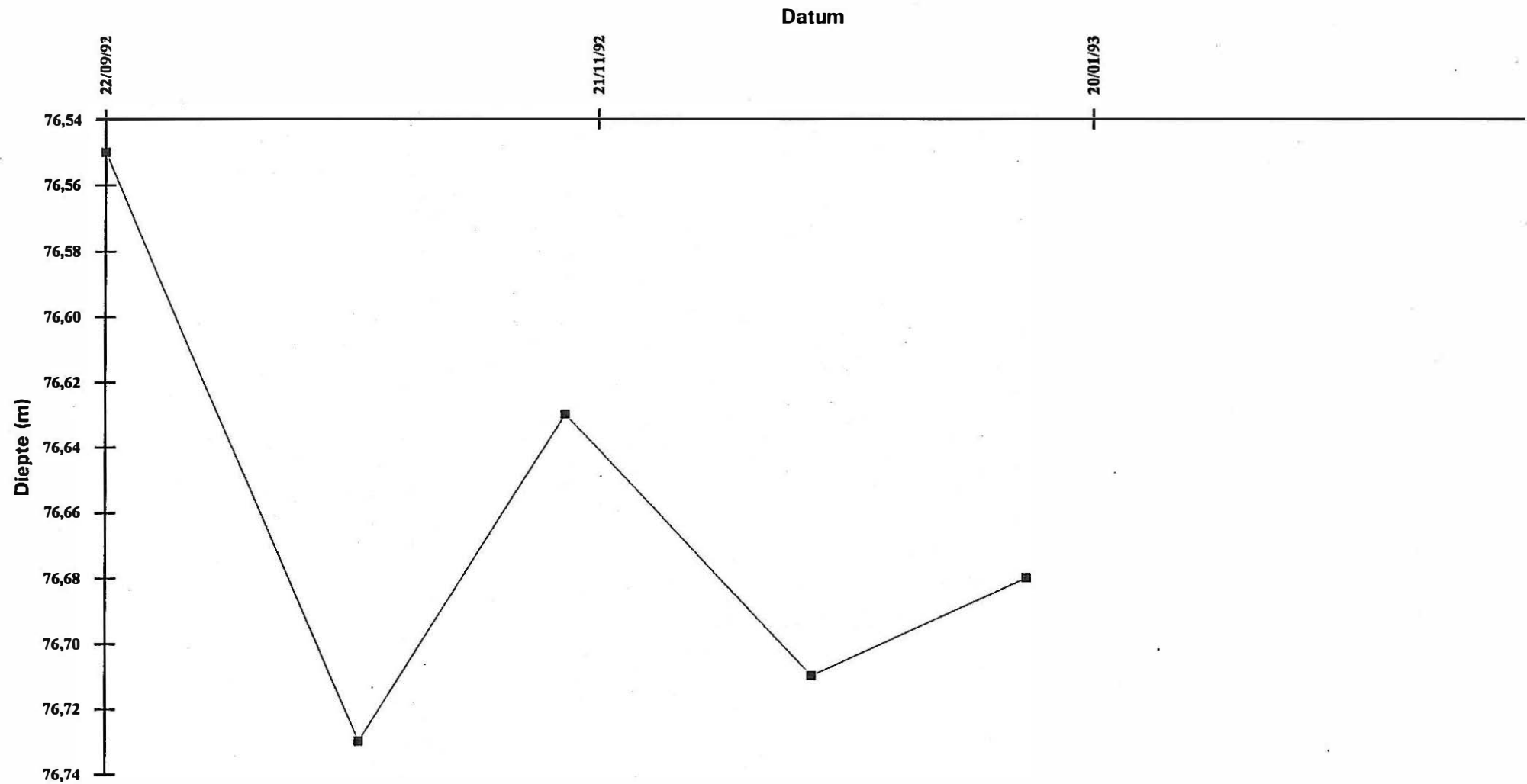




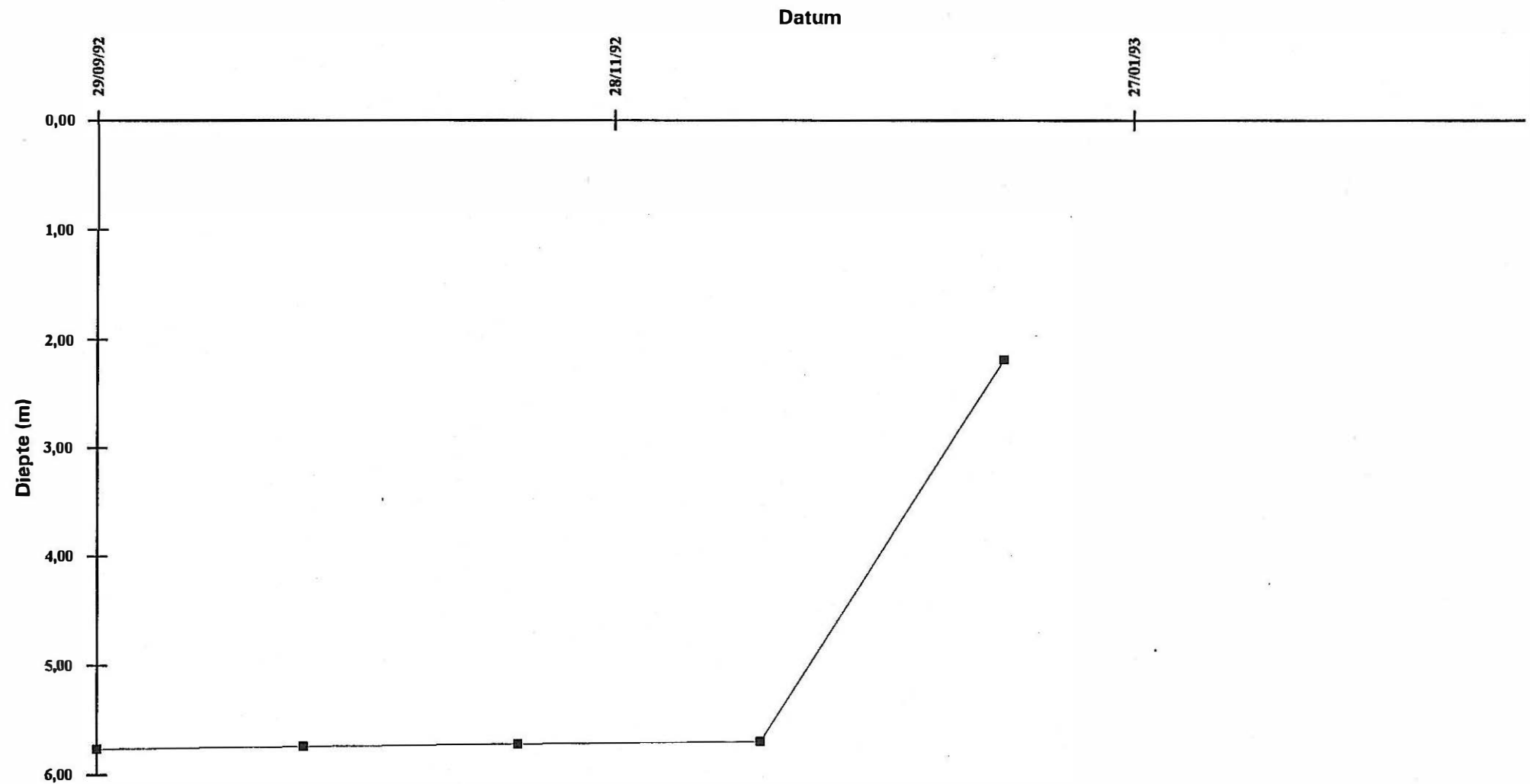
8954 WESTOUTER



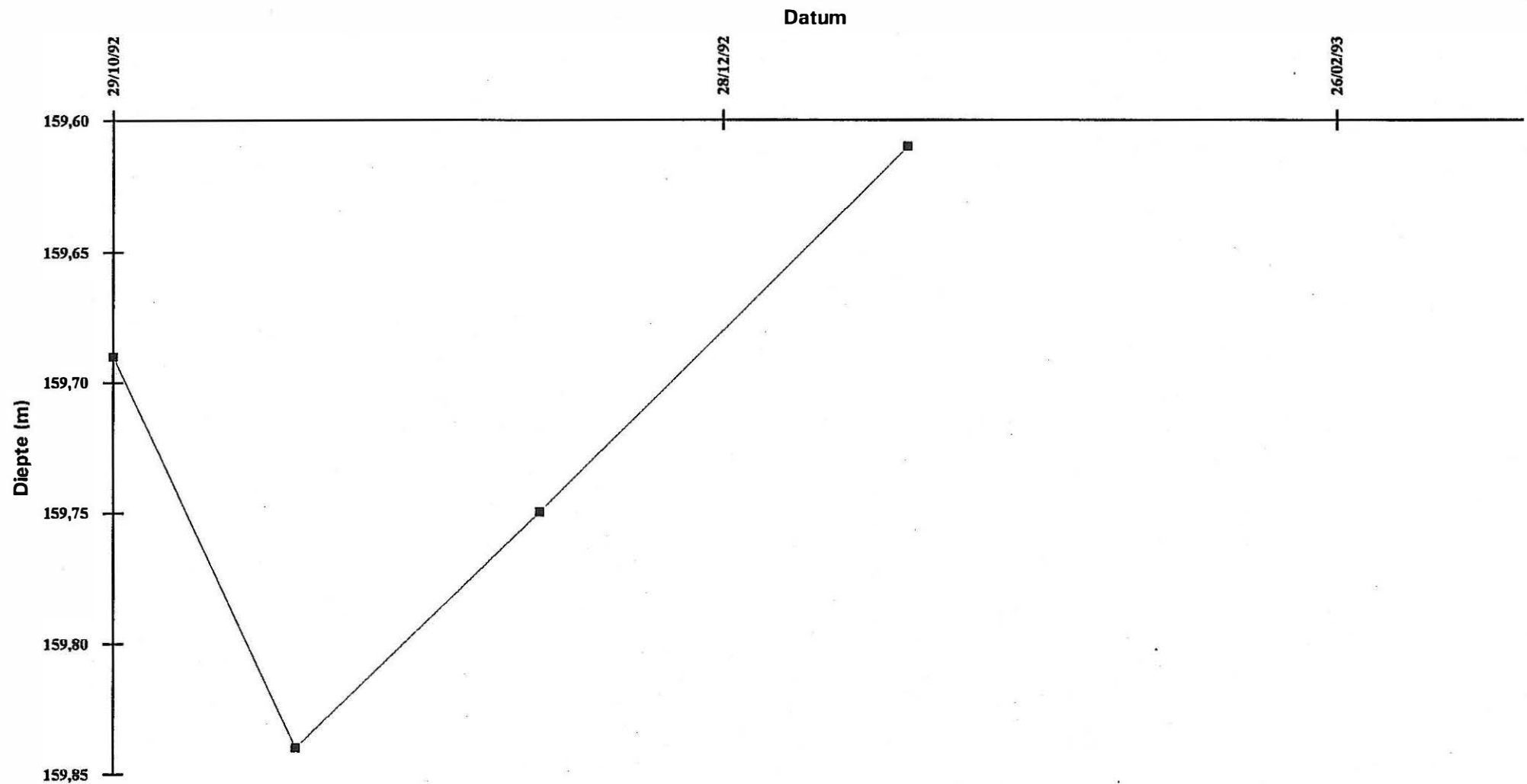
8980 ZONNEBEKE



8978 WATOU

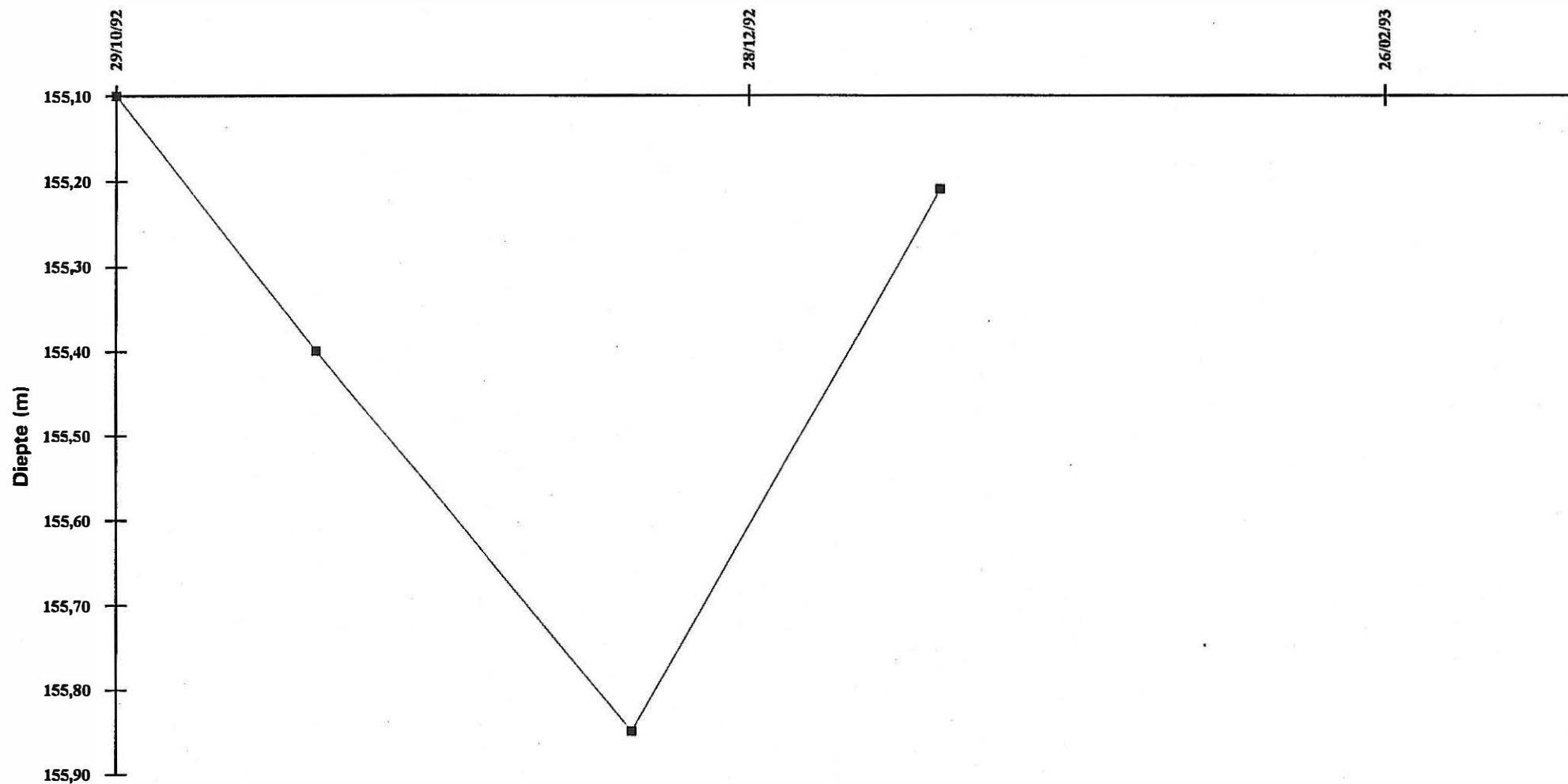


8740 PITTEM

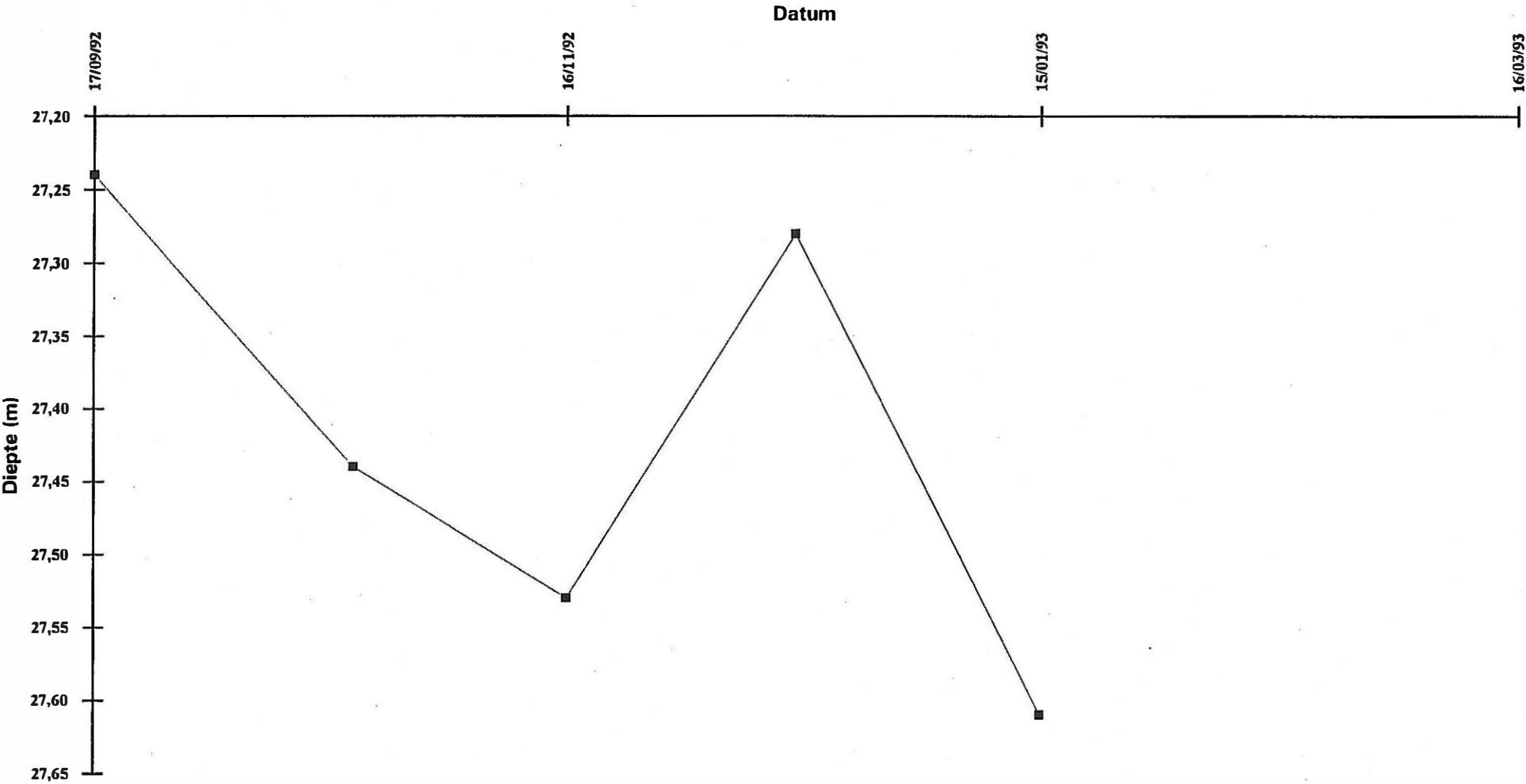


8840 STADEN

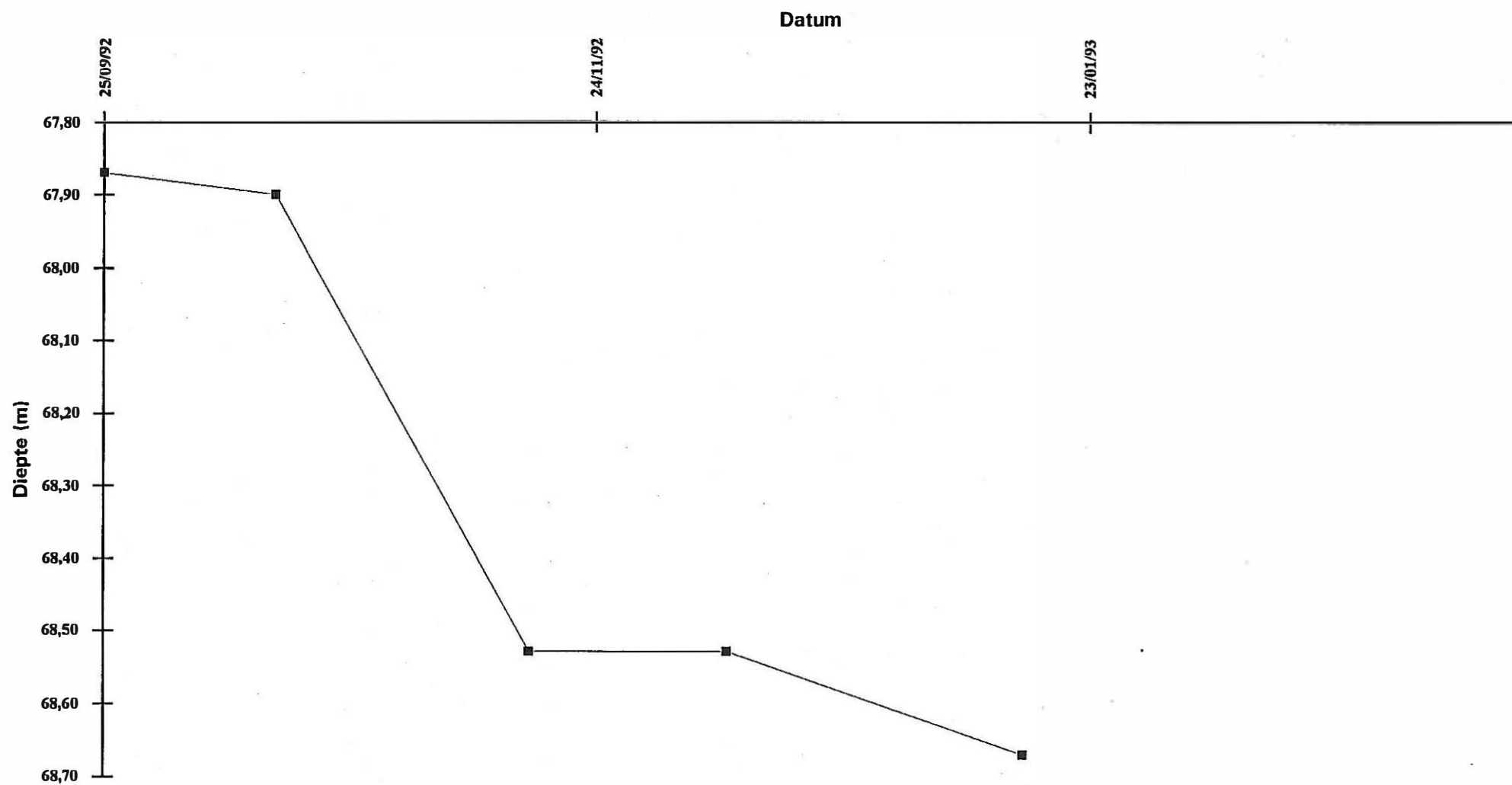
Datum



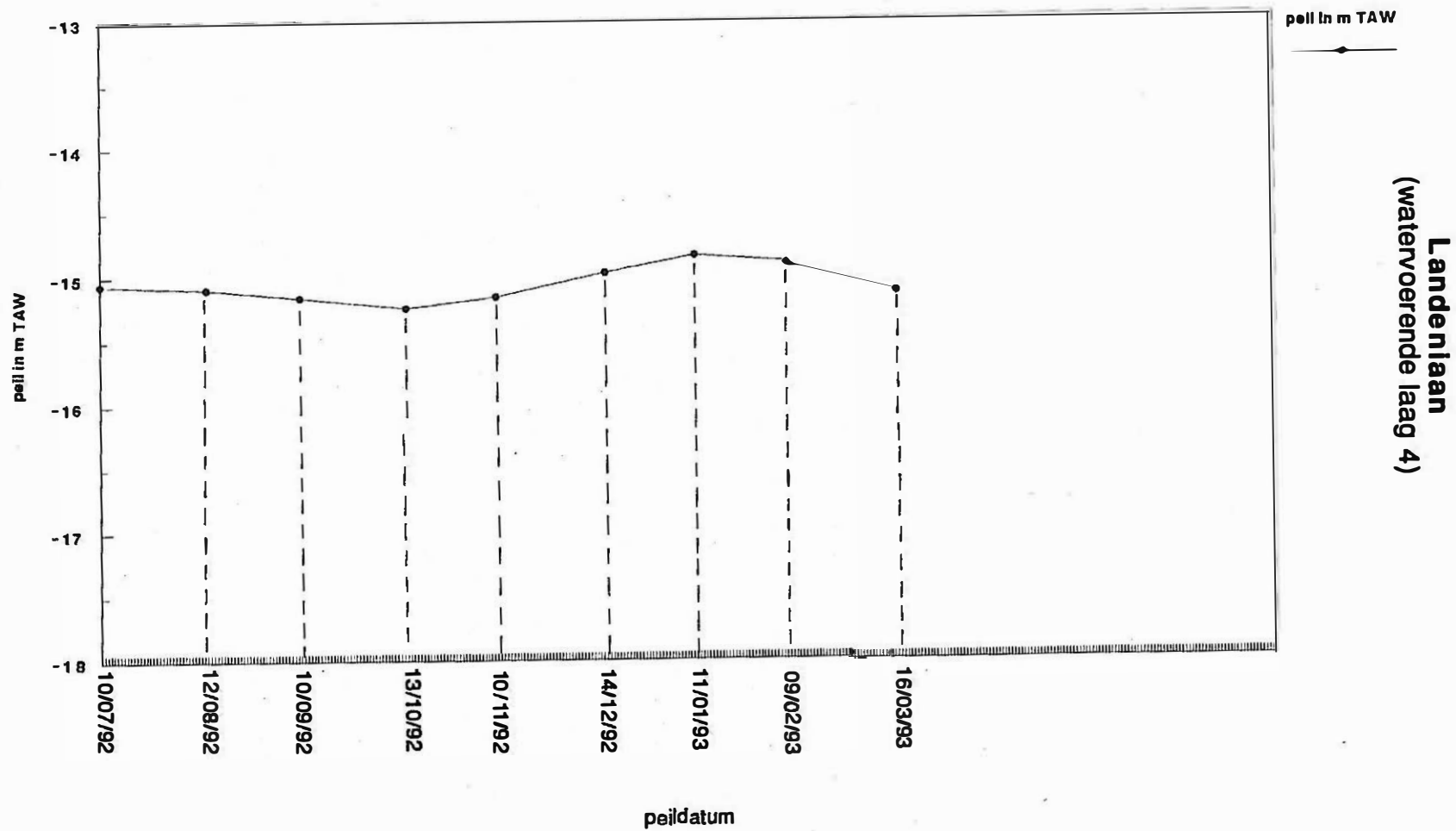
8800 ROESELARE



8820 TORHOUT

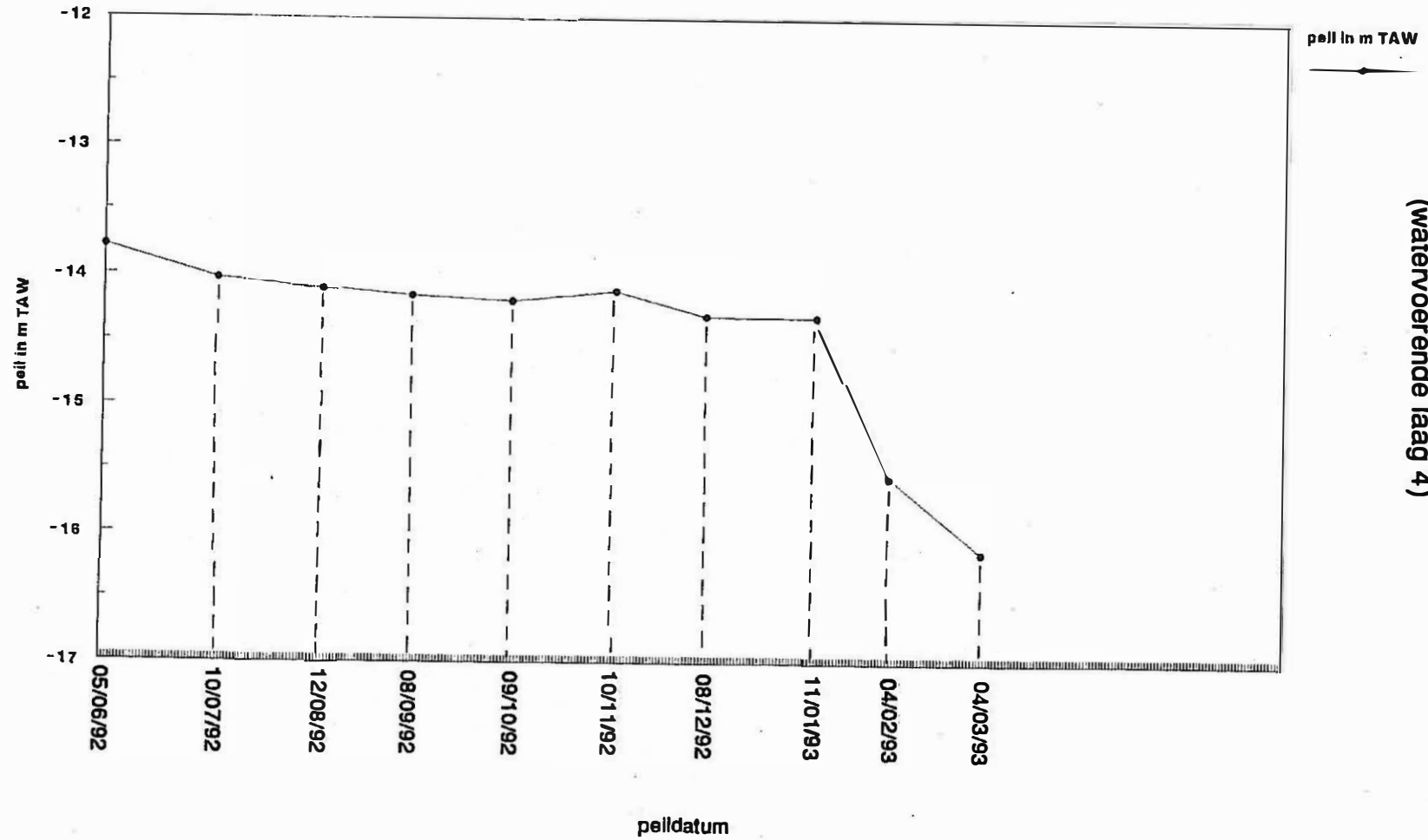


PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
OLSENE 21.7 801

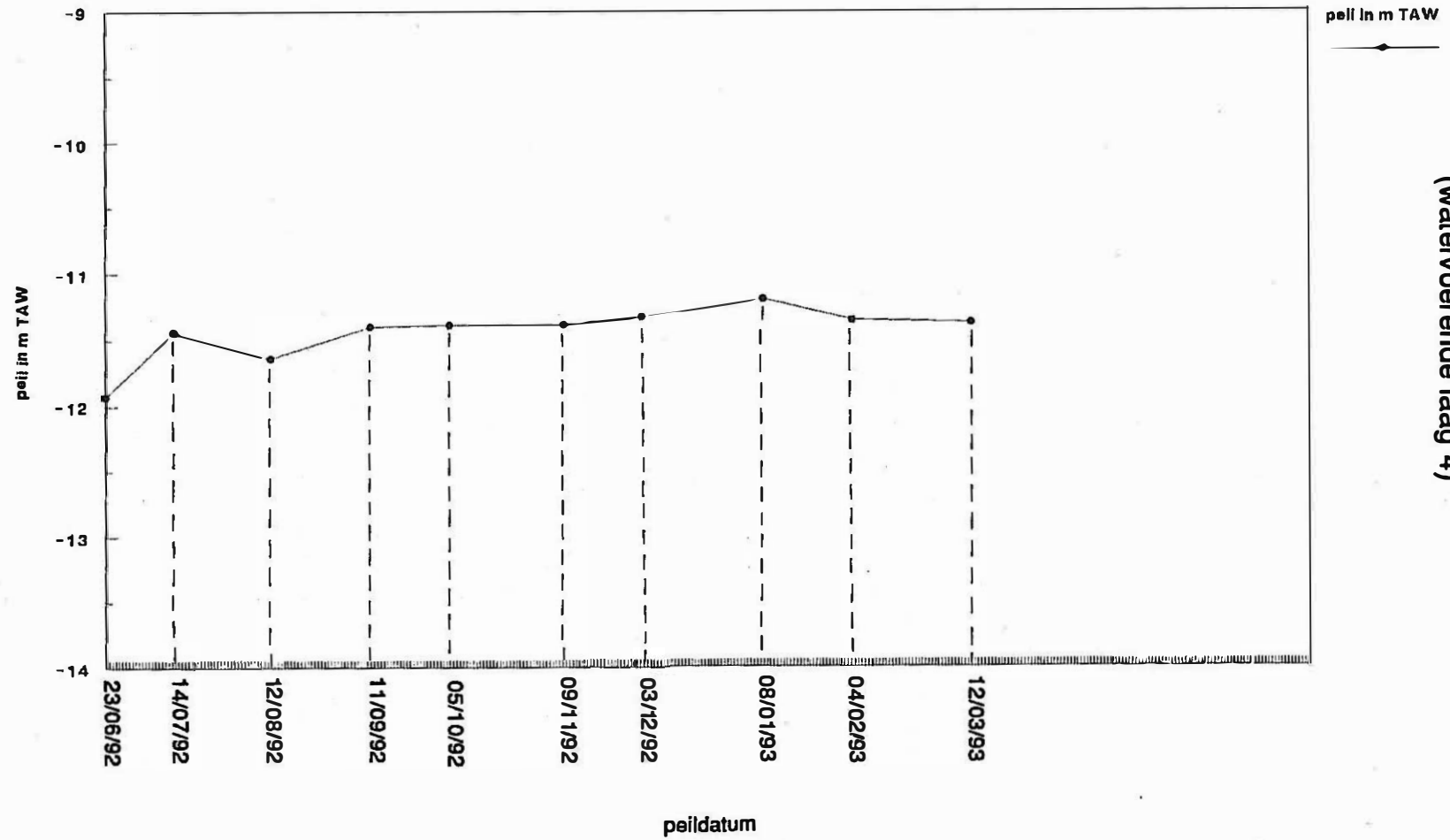




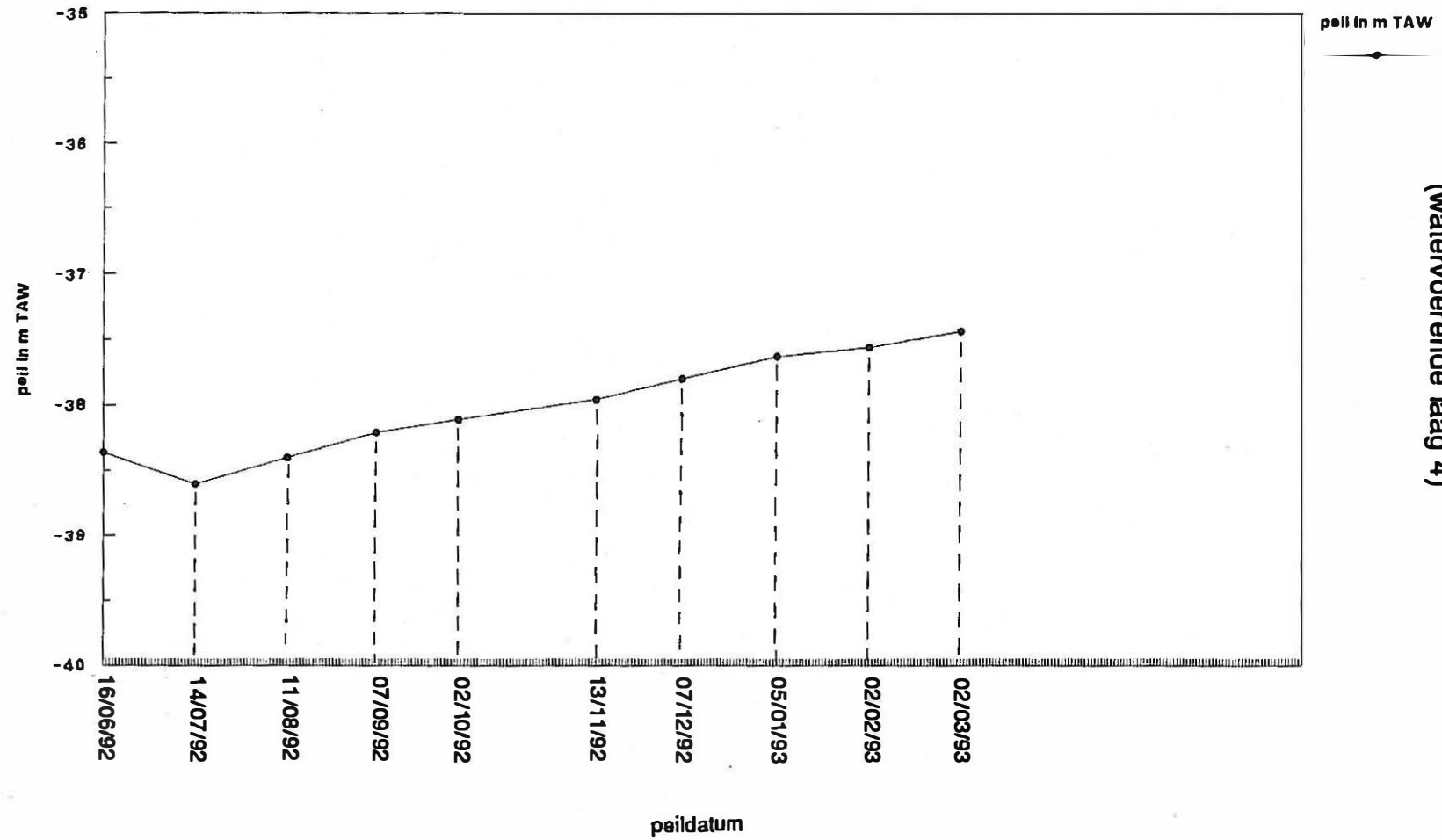
PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
OOSTERZELE 22.8 501



PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
GENT 22.1 901

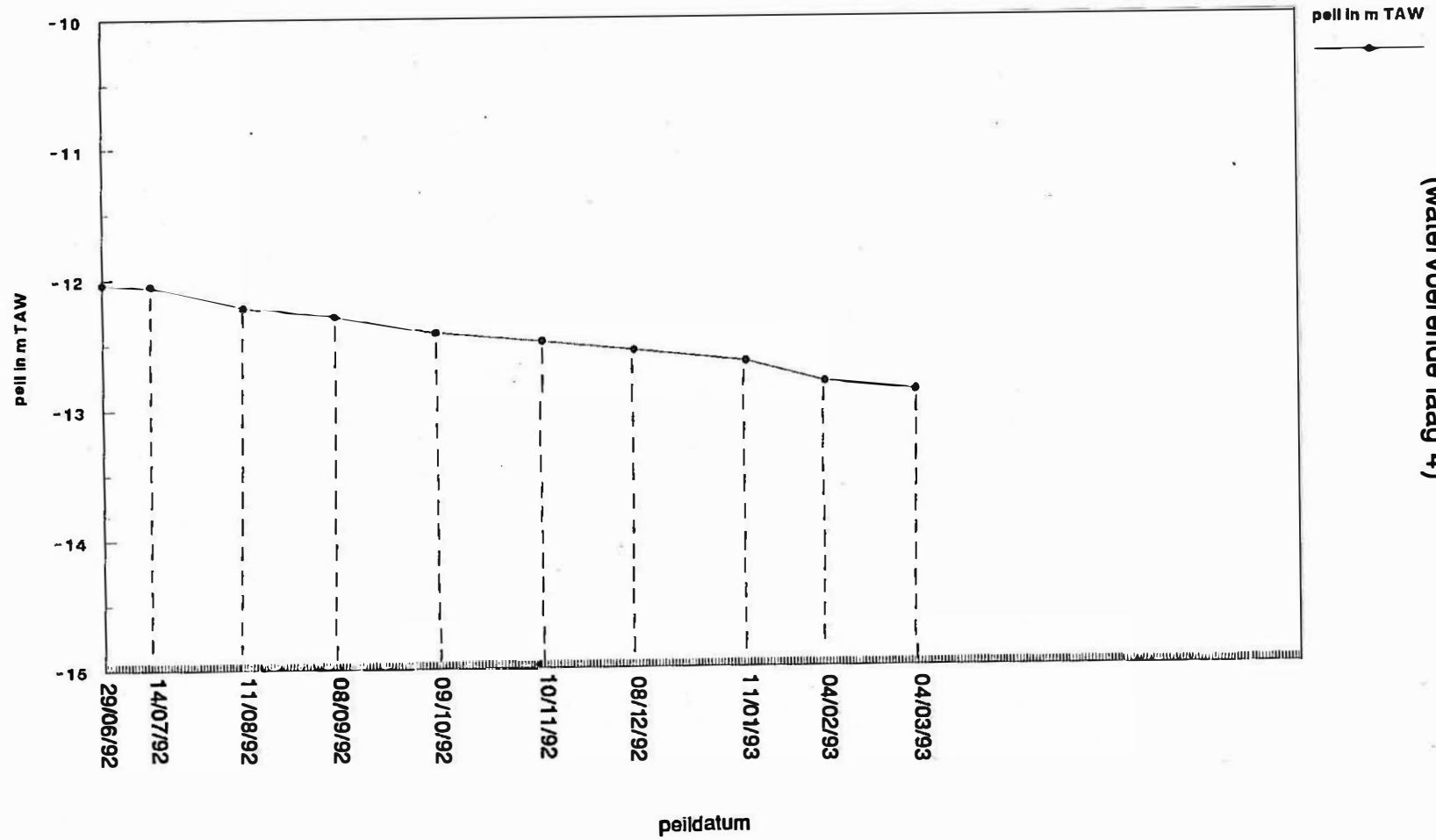


PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
LEBBEKE 23.5 101

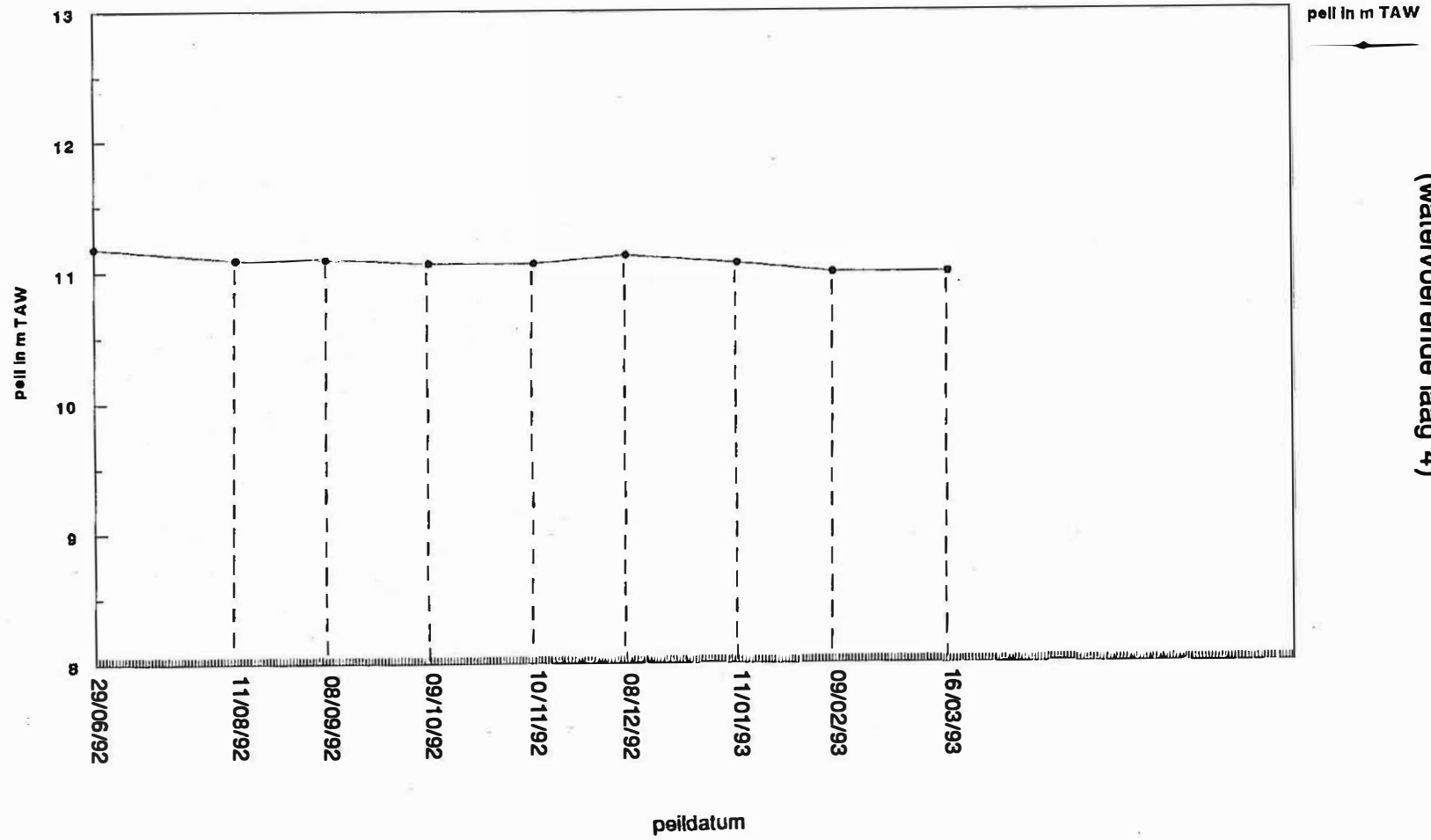


Landenlaan  
(watervoerende laag 4)

PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
SINT-LIEVENS-HOUTEM 22.7 B02

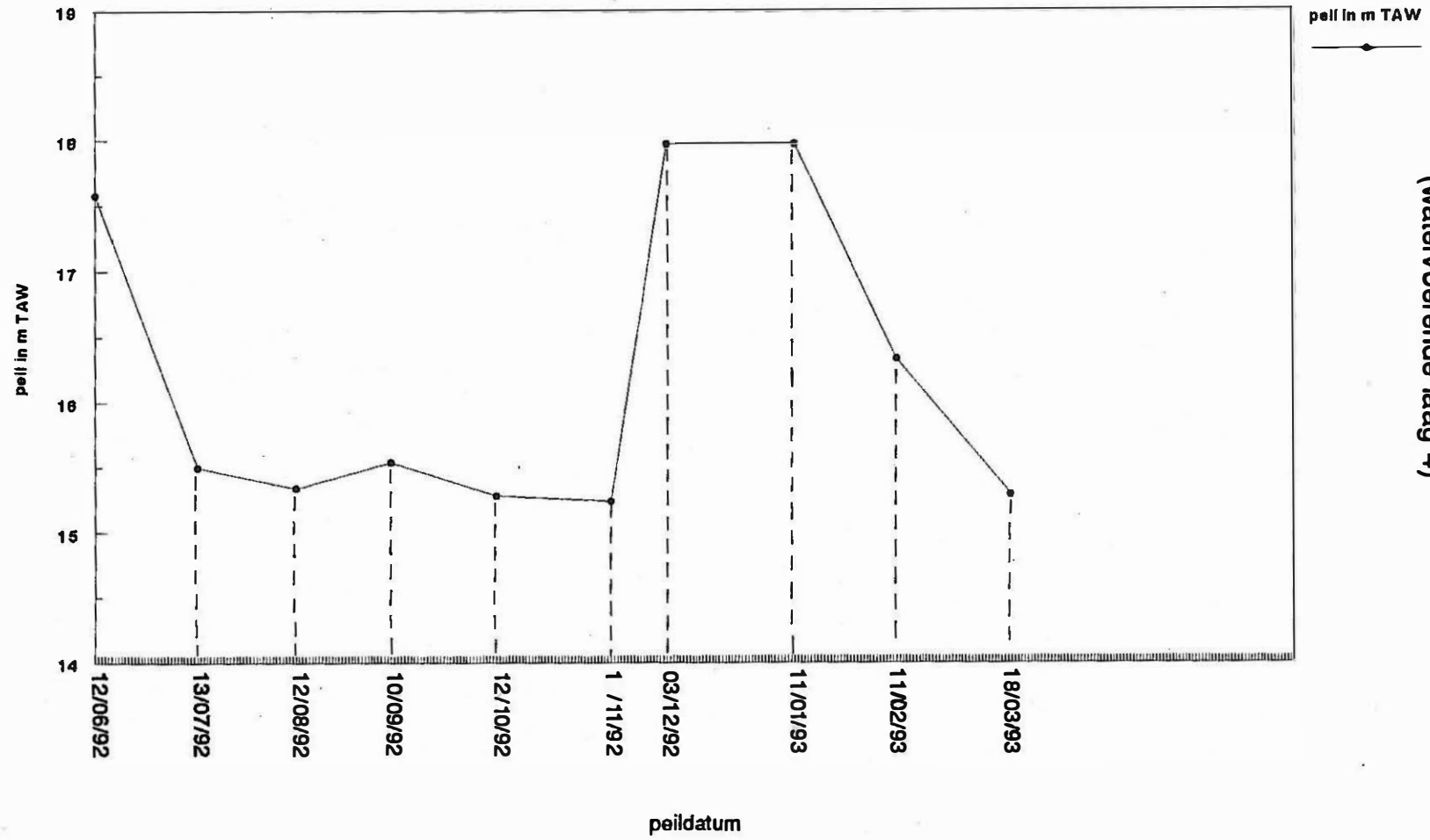


PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
LIERDE 30.6 30 1

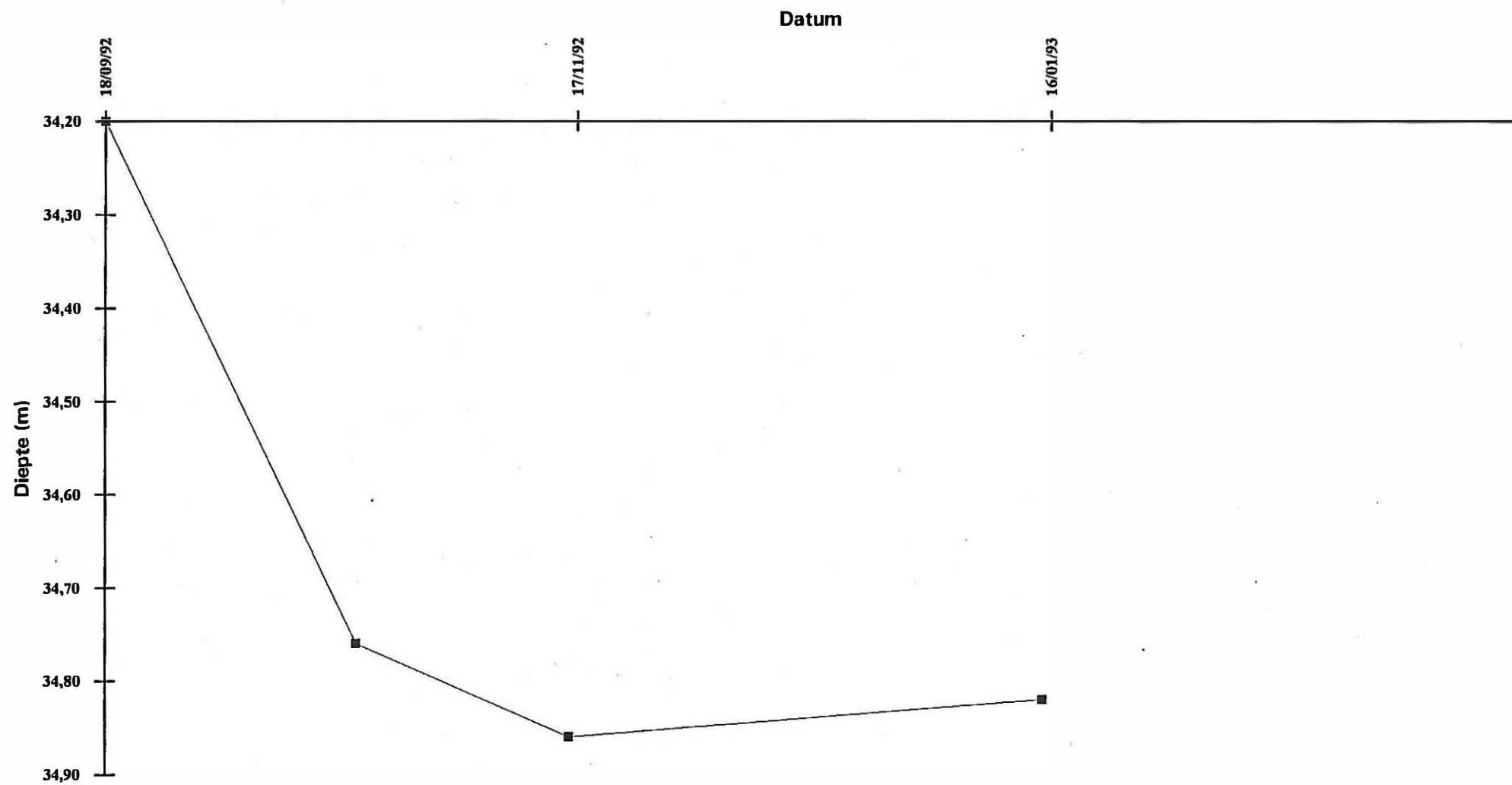


**Landerlaan**  
(wateroverende laag 4)

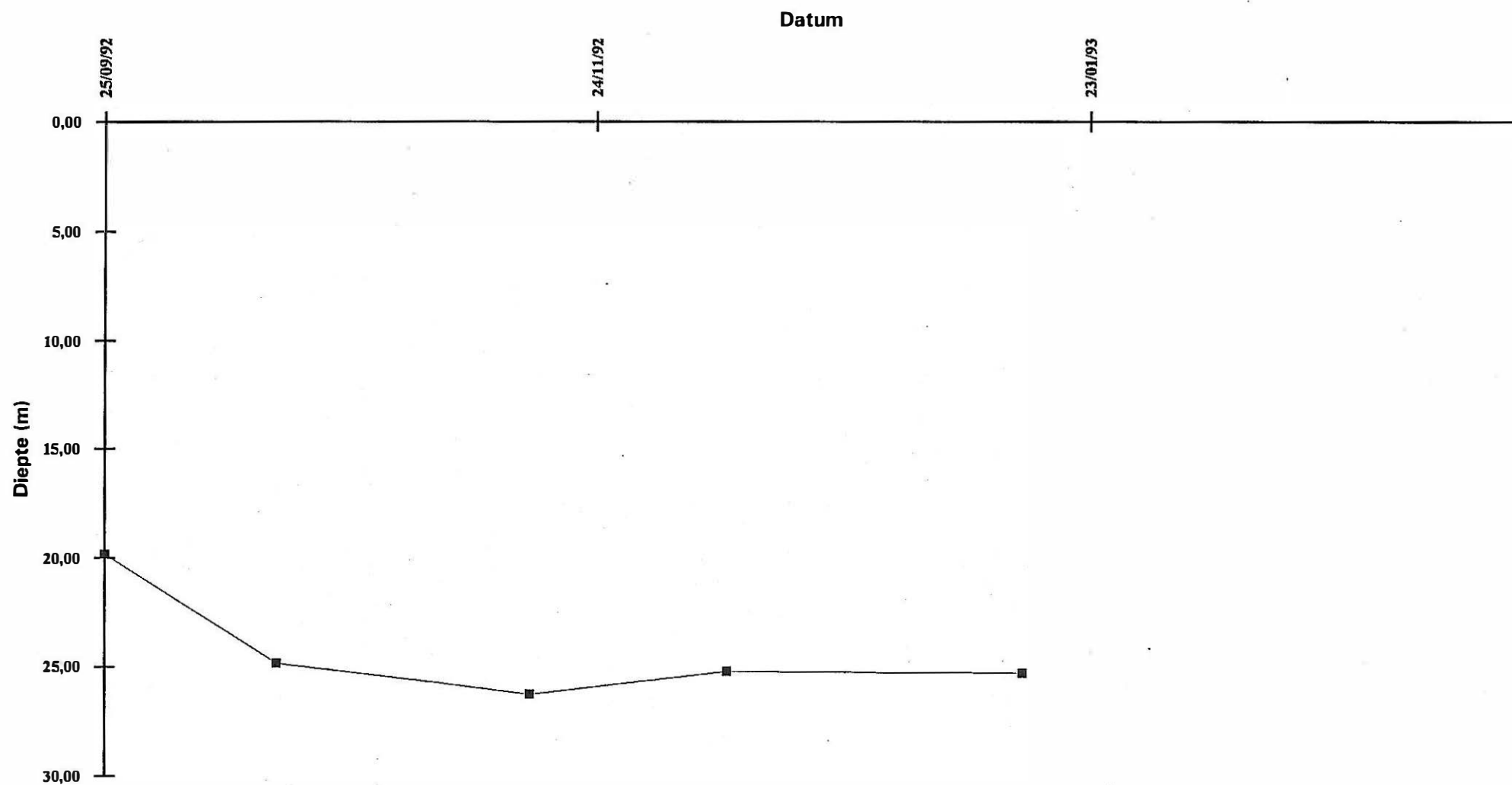
PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
AALTER 21.3 201



8691 LEISELE

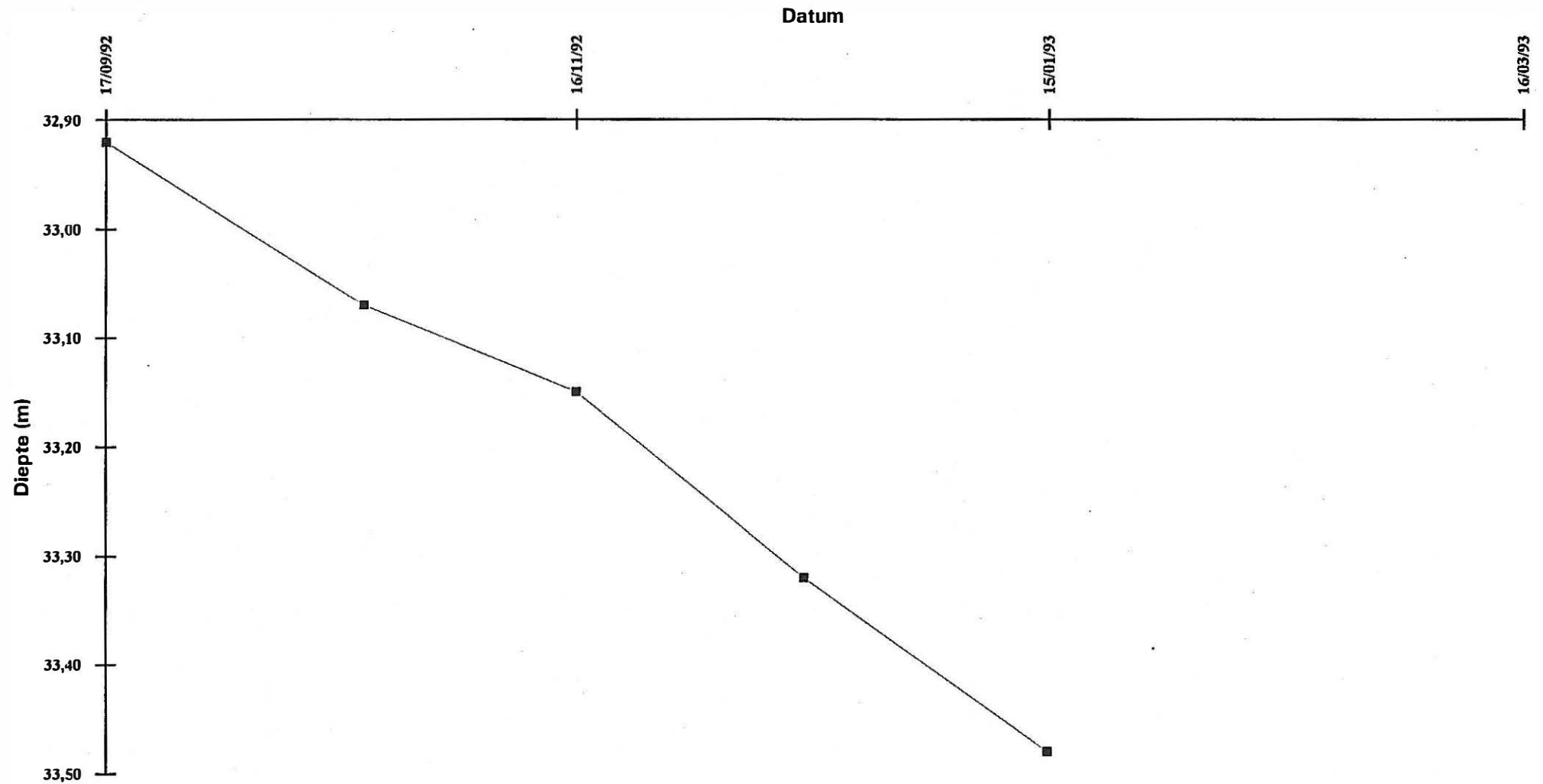


8820 TORHOUT

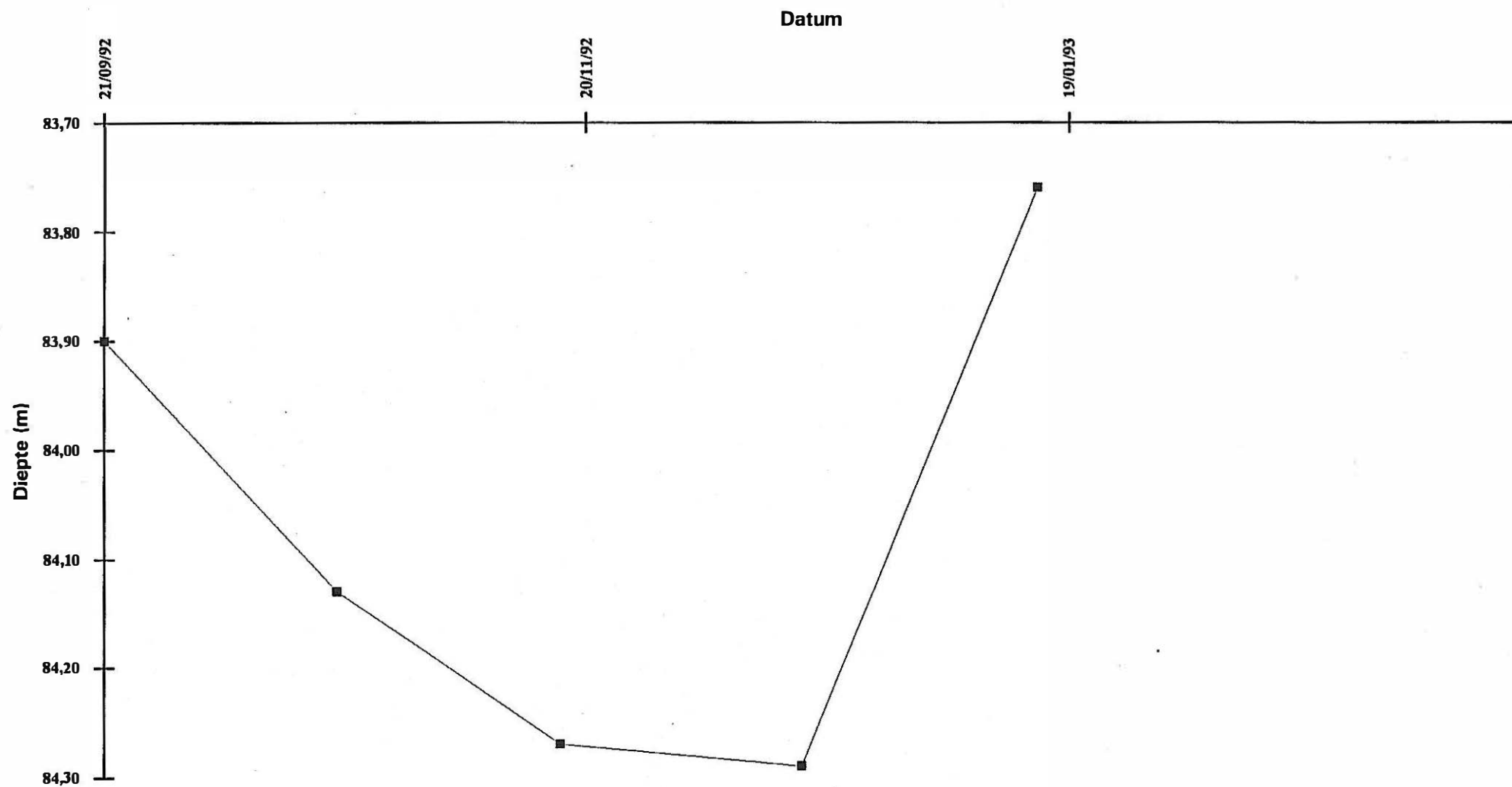




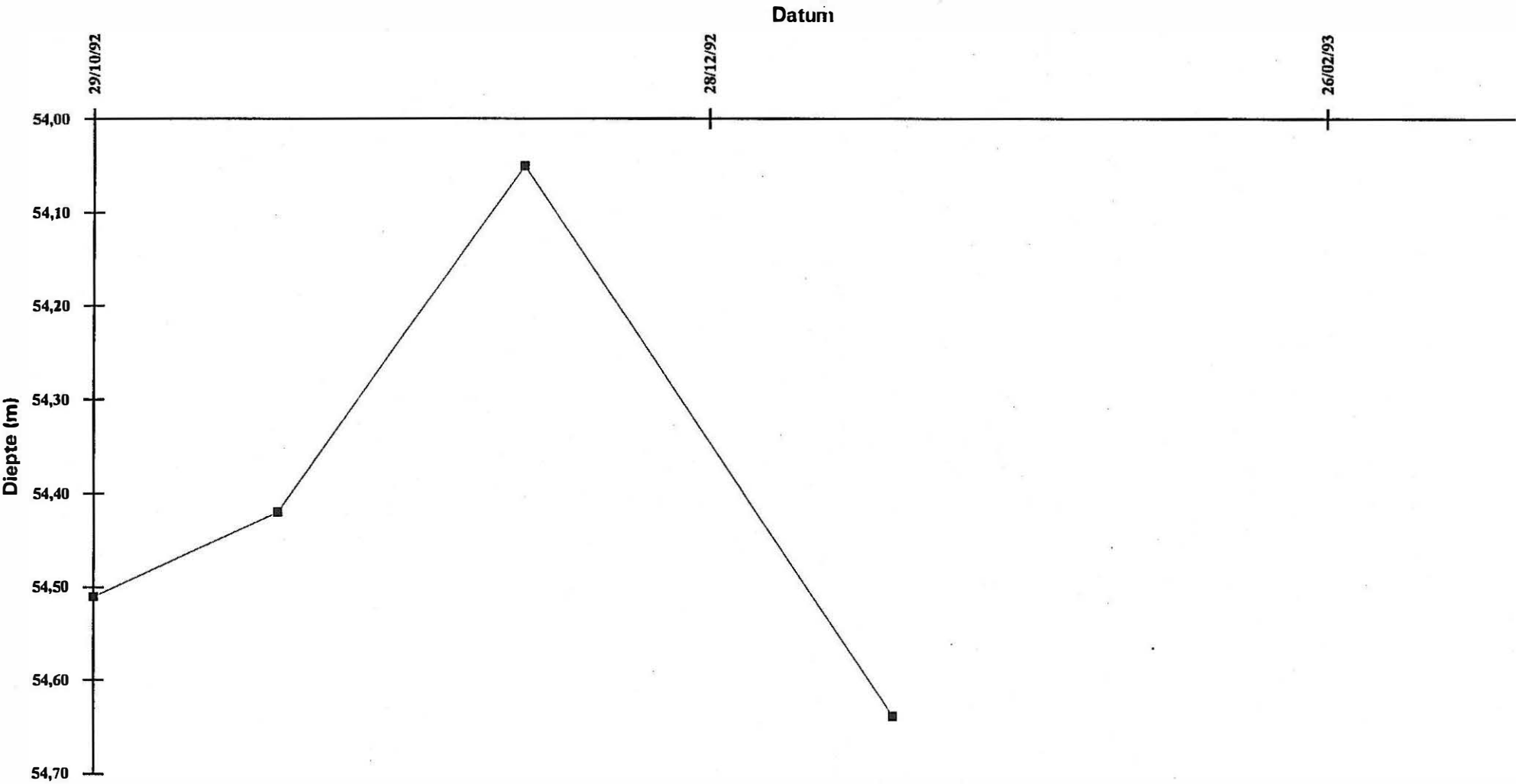
8800 ROESELARE



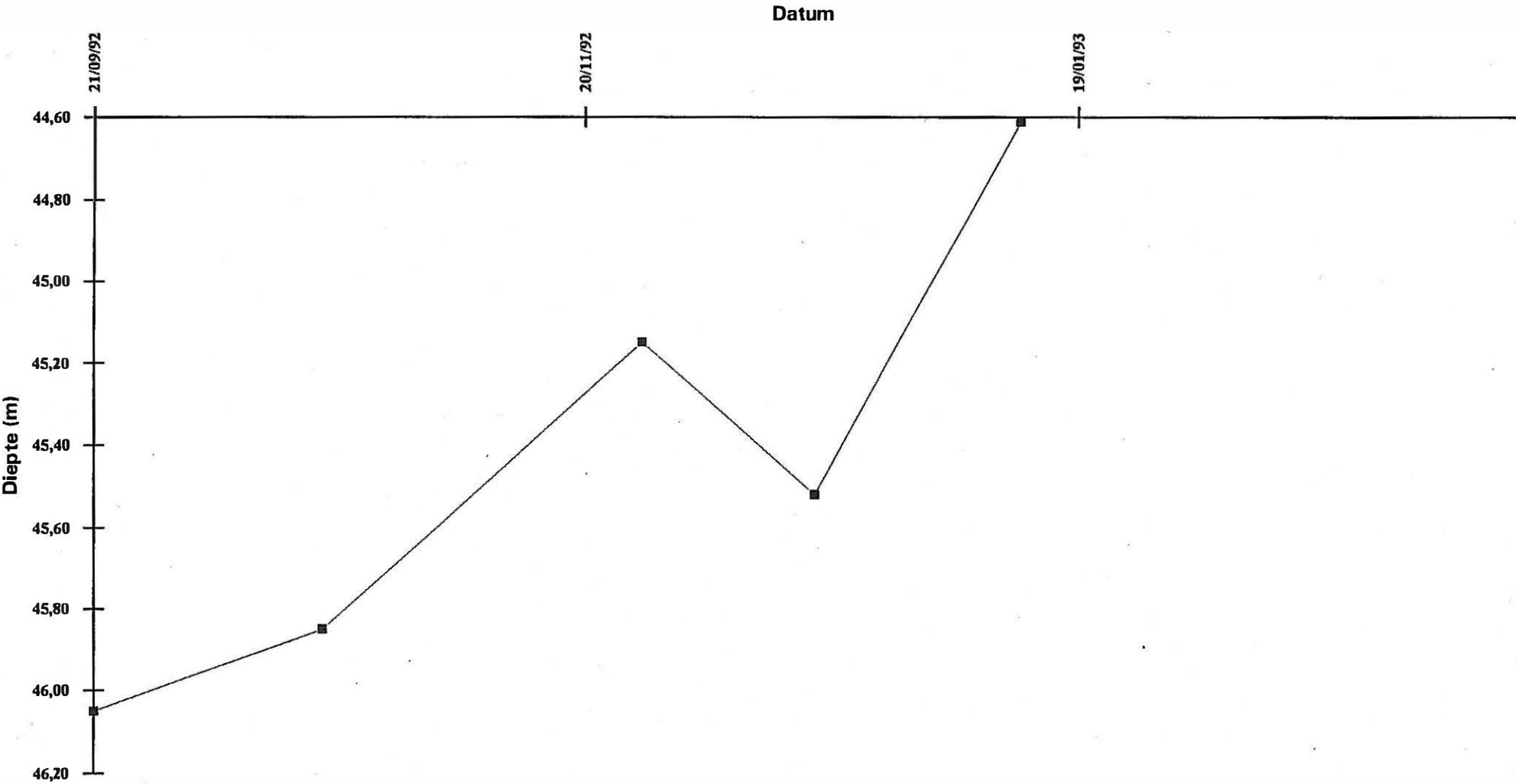
8840 STADEN



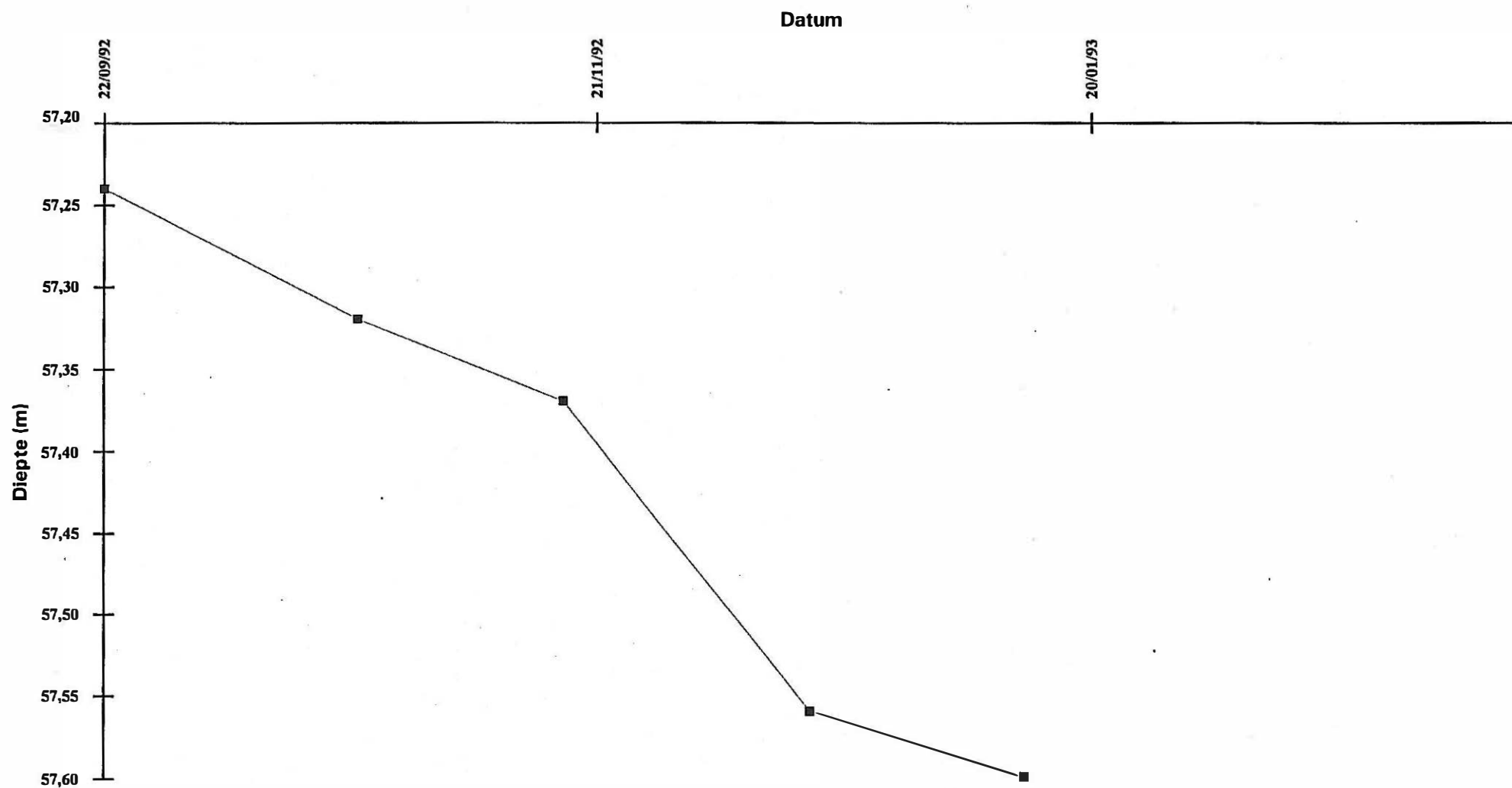
8740 PITTEM



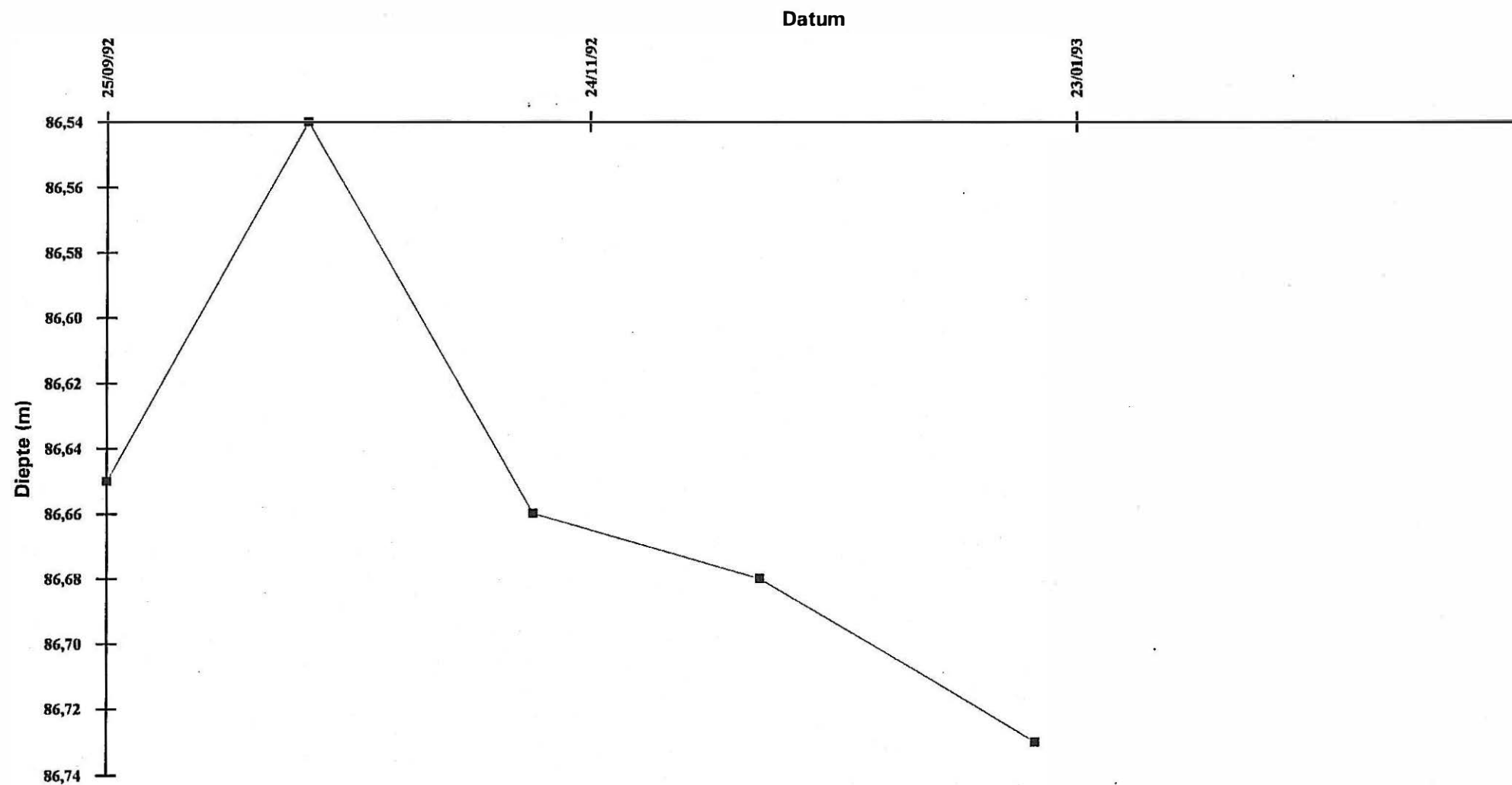
8957 MESEN



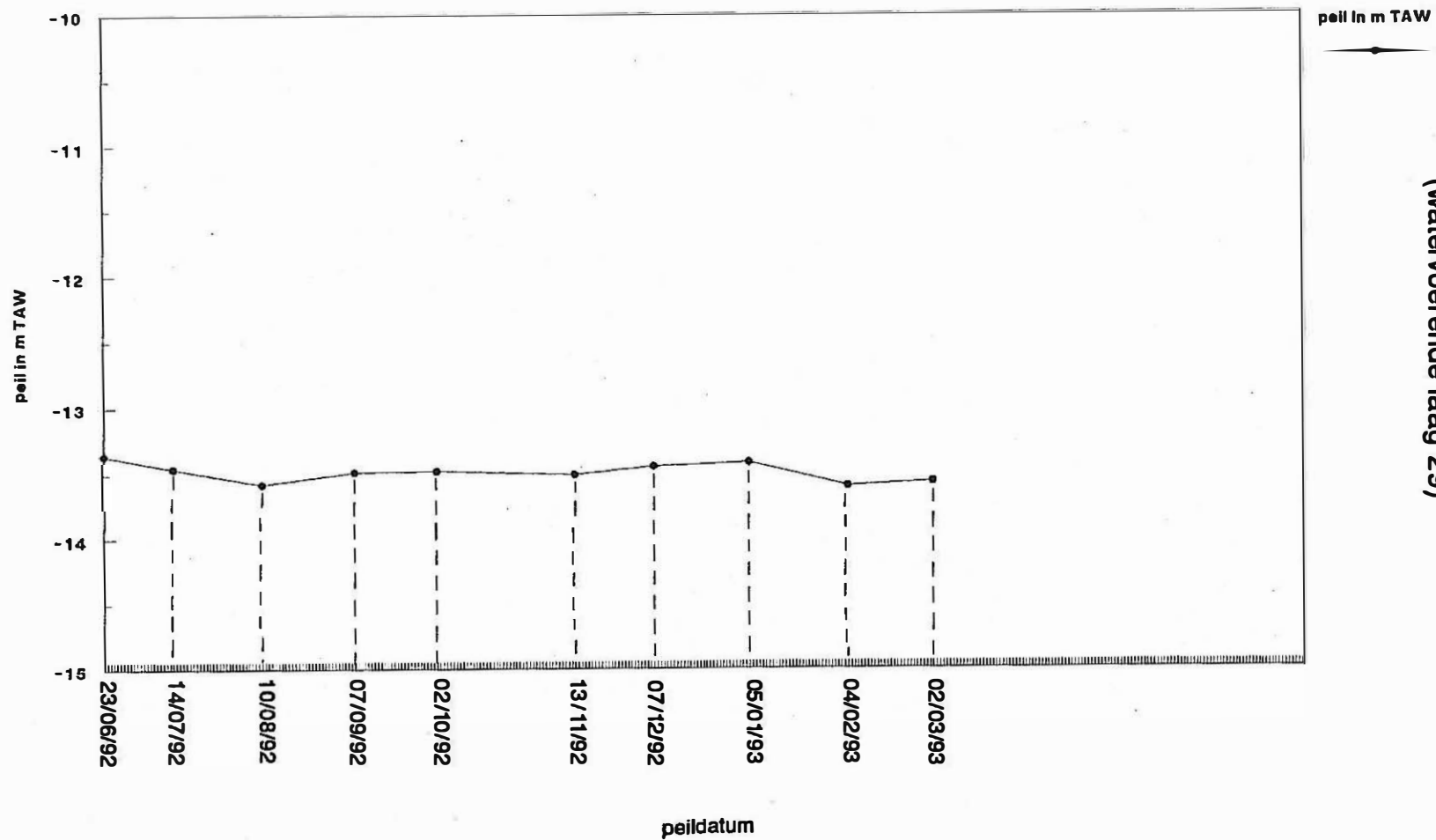
8980 ZONNEBEKE



8710 WIELSBEKE

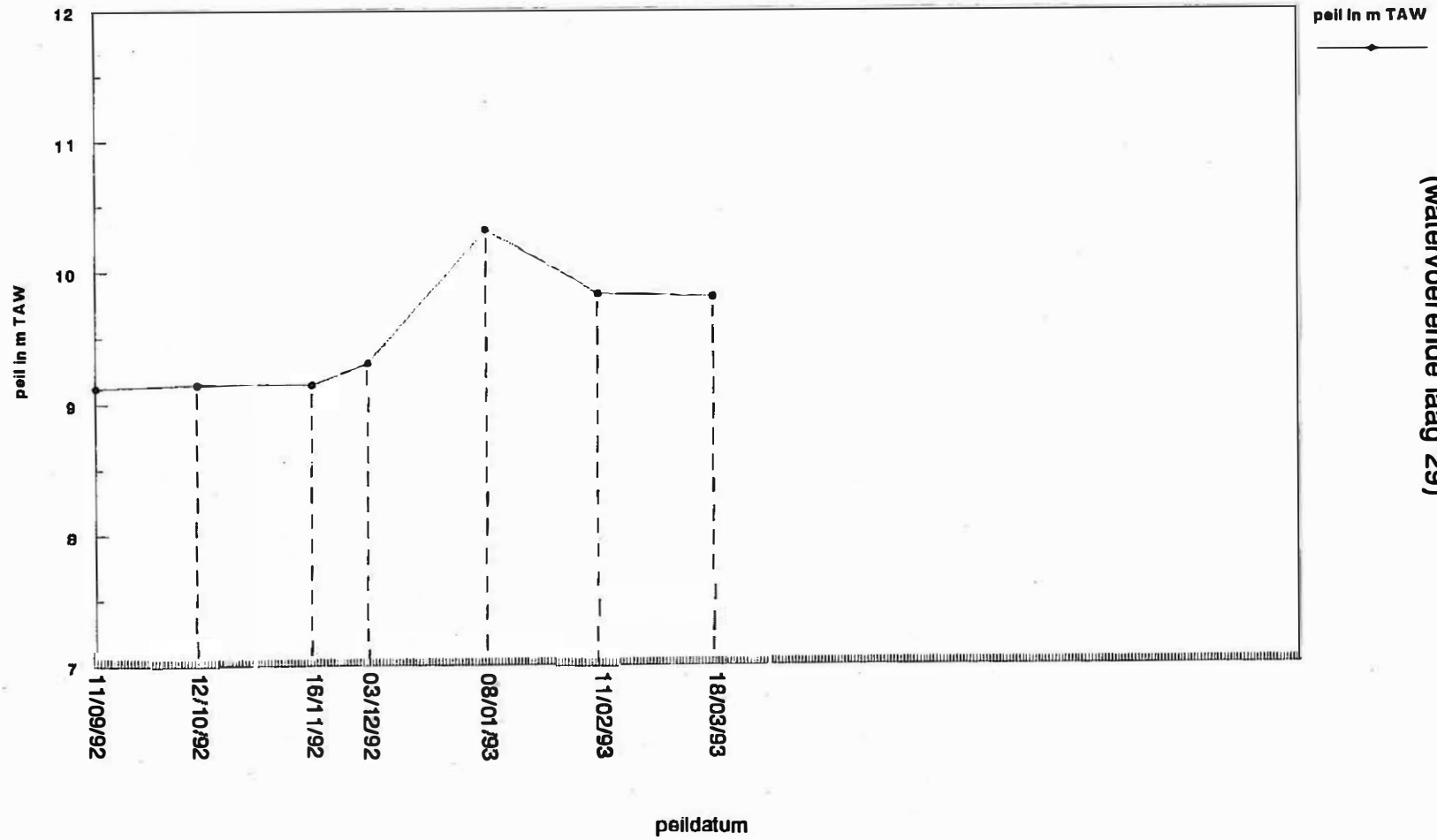


PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
SINT-NIKLAAS 15.1 902



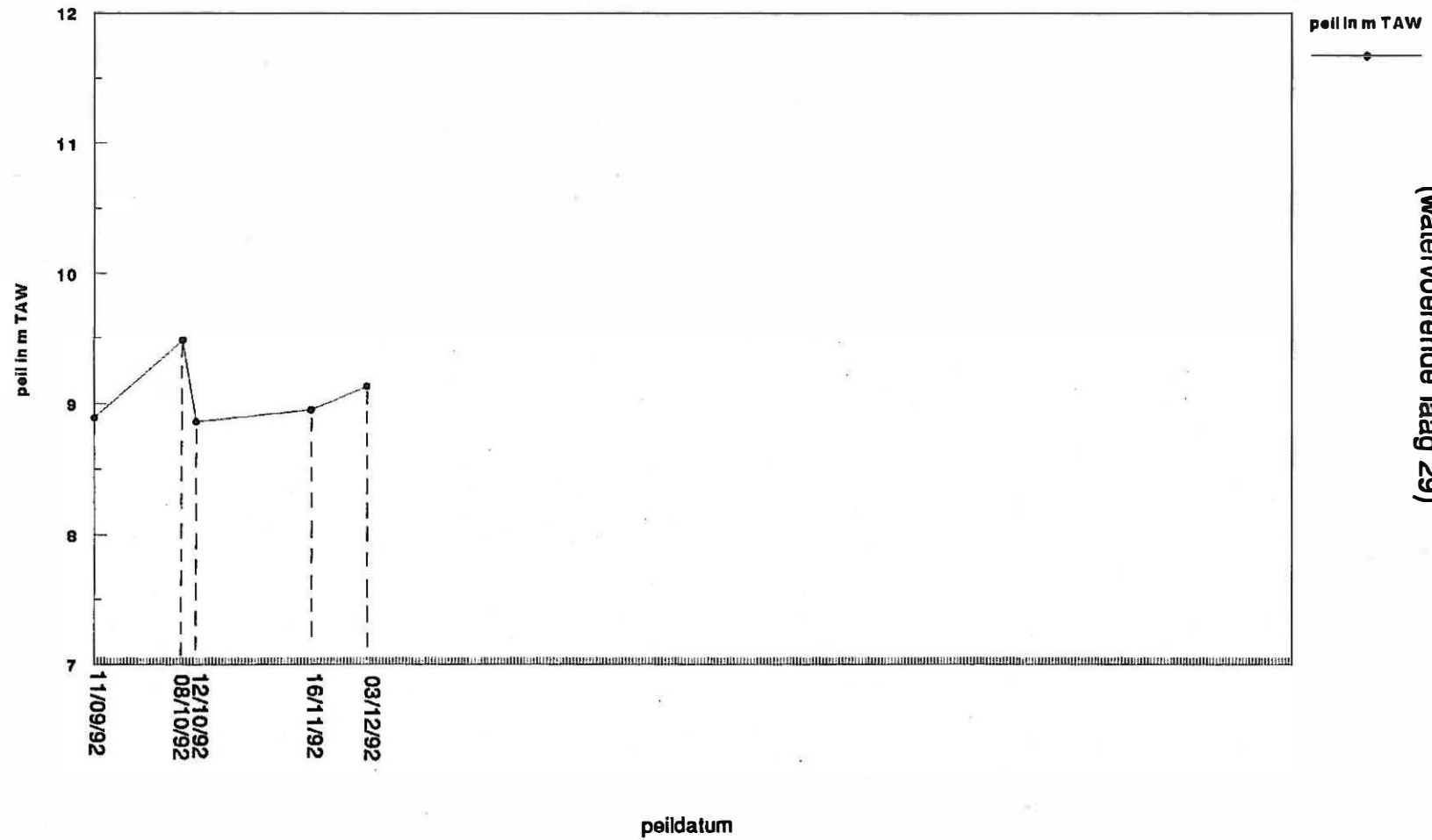
**Ledo-Paniseellaan**  
(wateroverende laag 29)

**Ledo-Panlselliaan**  
(watervoerende laag 29)



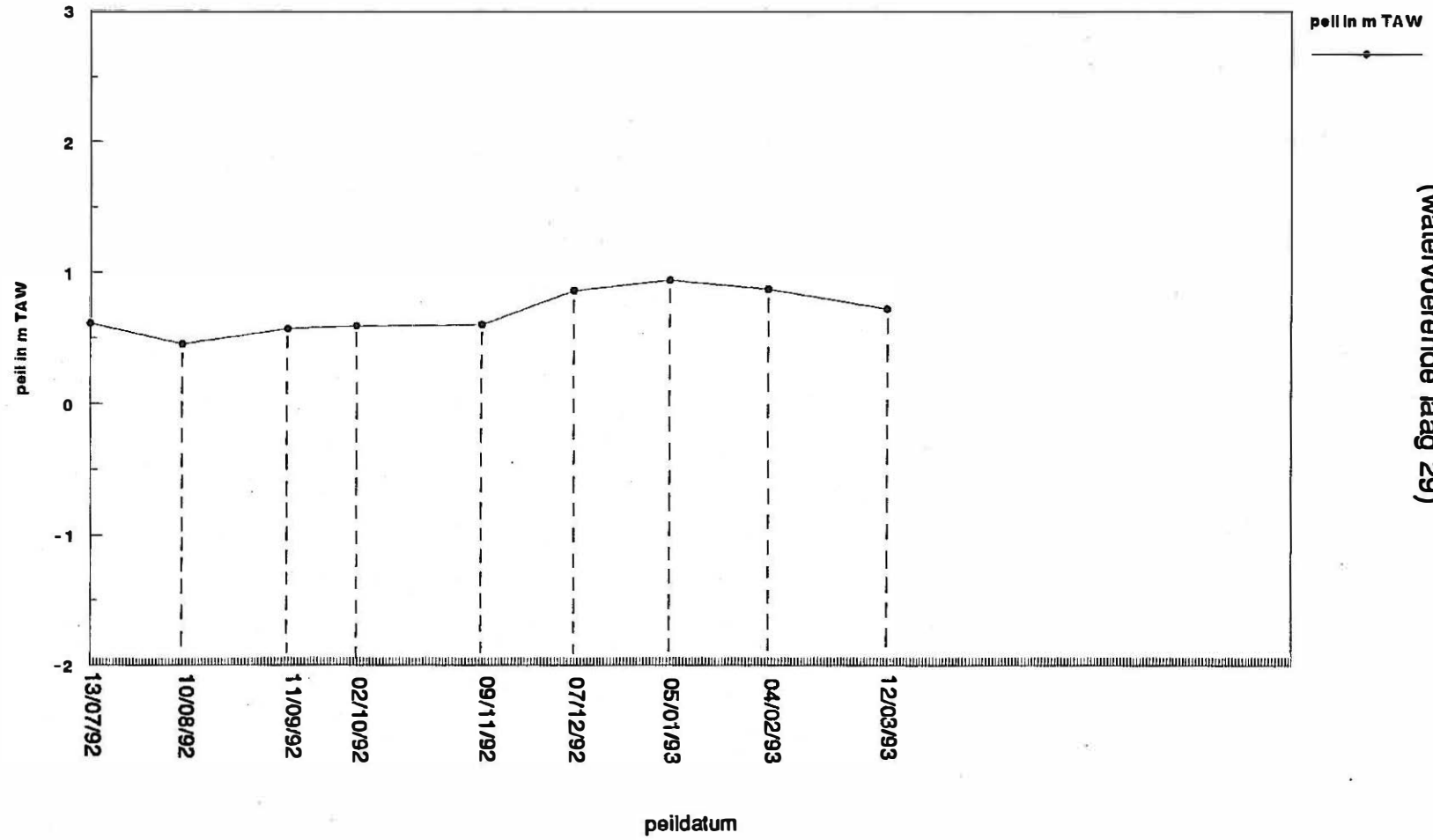


PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
MALDEGEM 13.7 203

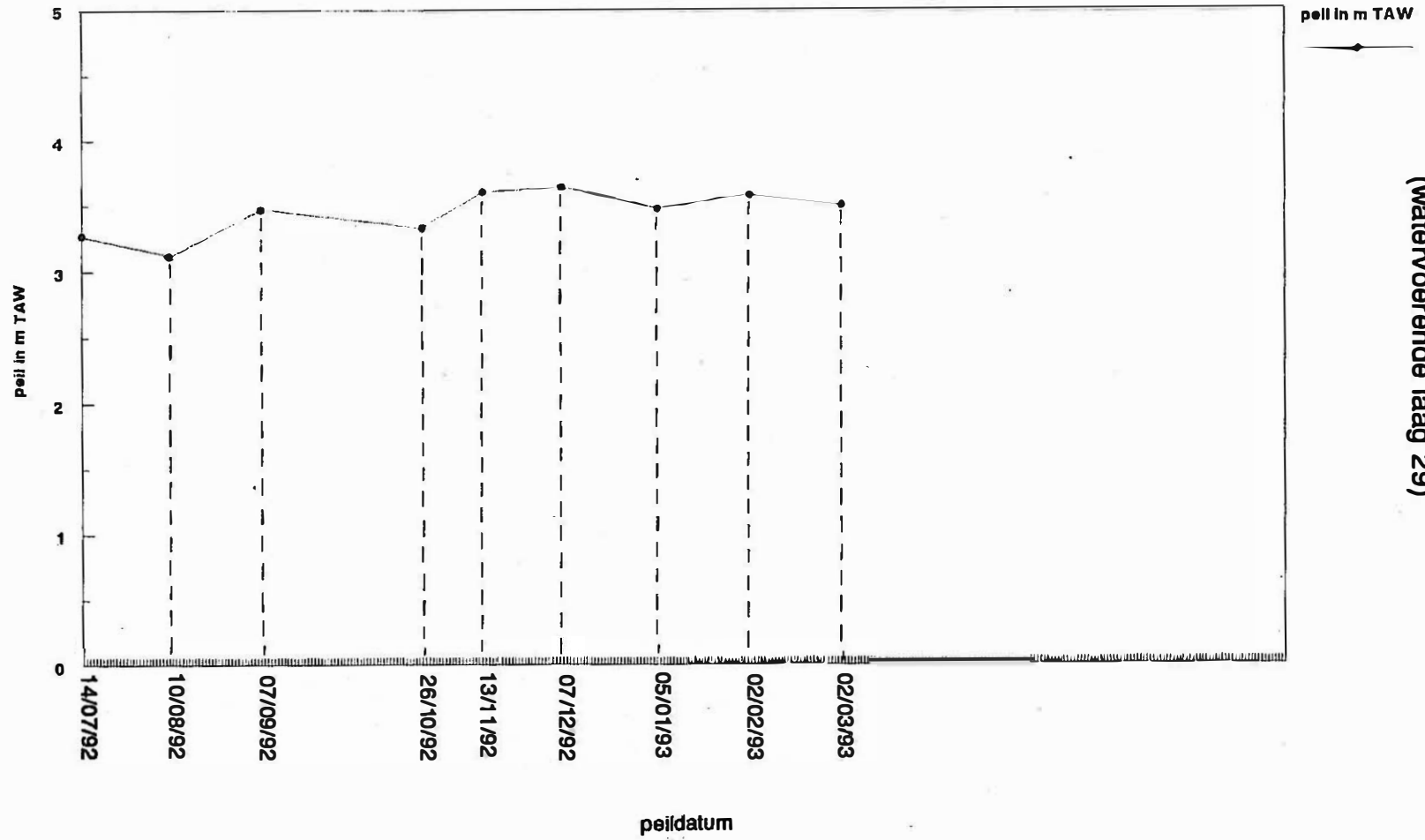


**Ledo-Paniseliaan**  
(watervoerende laag 29)

PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
LOCHRISTI 14.6 901

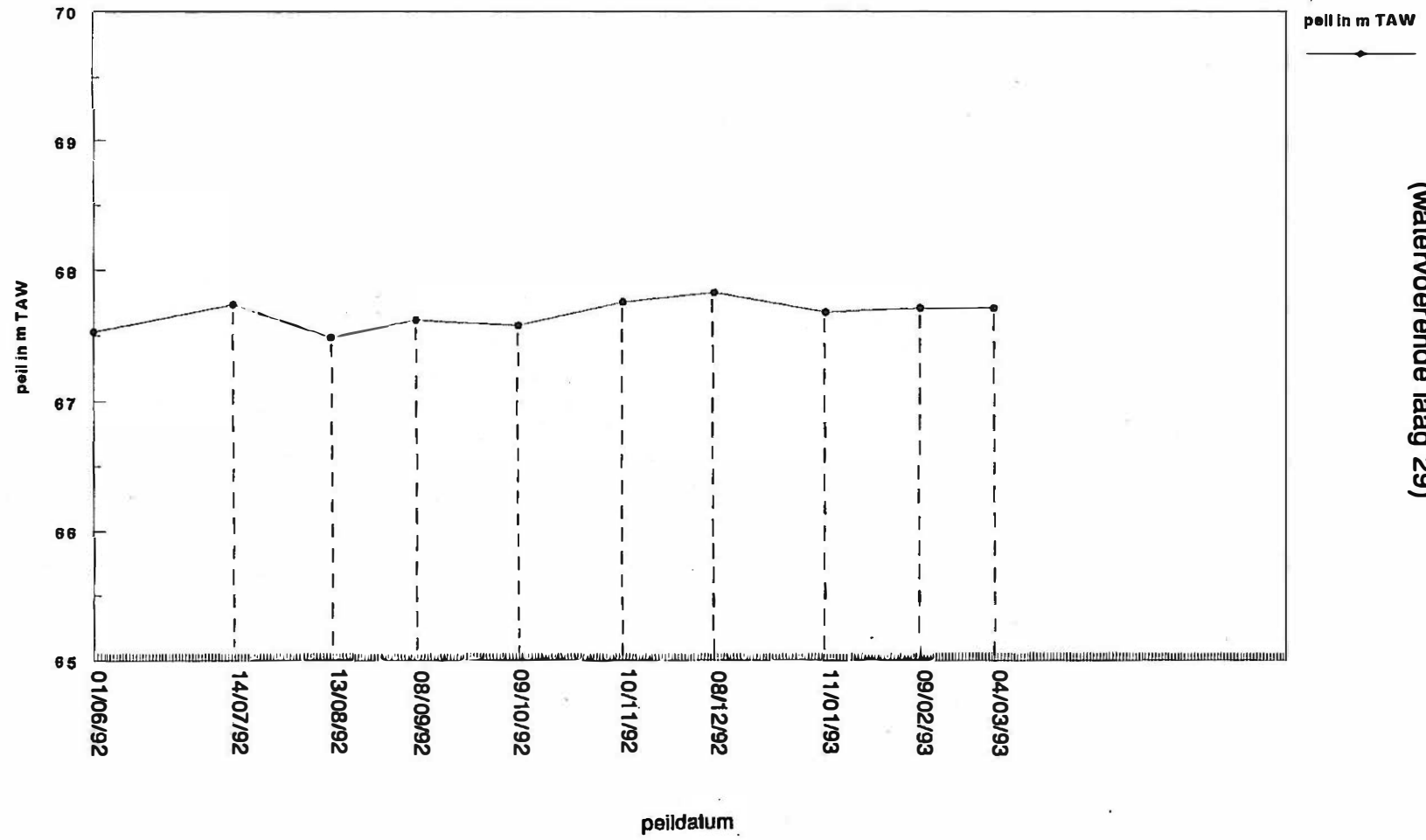


PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
HAMME 15.5 802



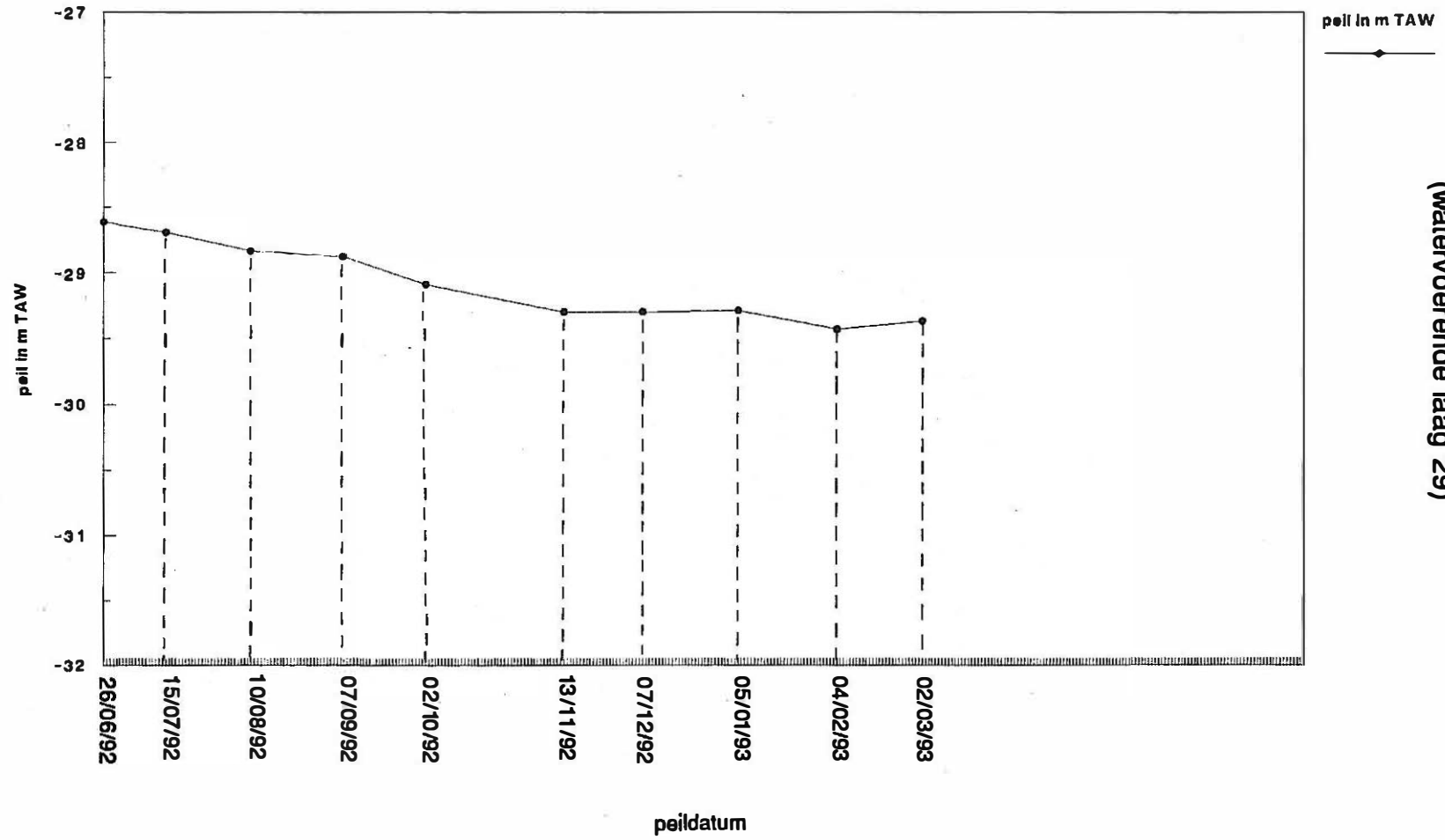
**Ledo-Paniseliaan**  
(waterveerende laag 29)

PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
ZOTTEGEM 30.2 601

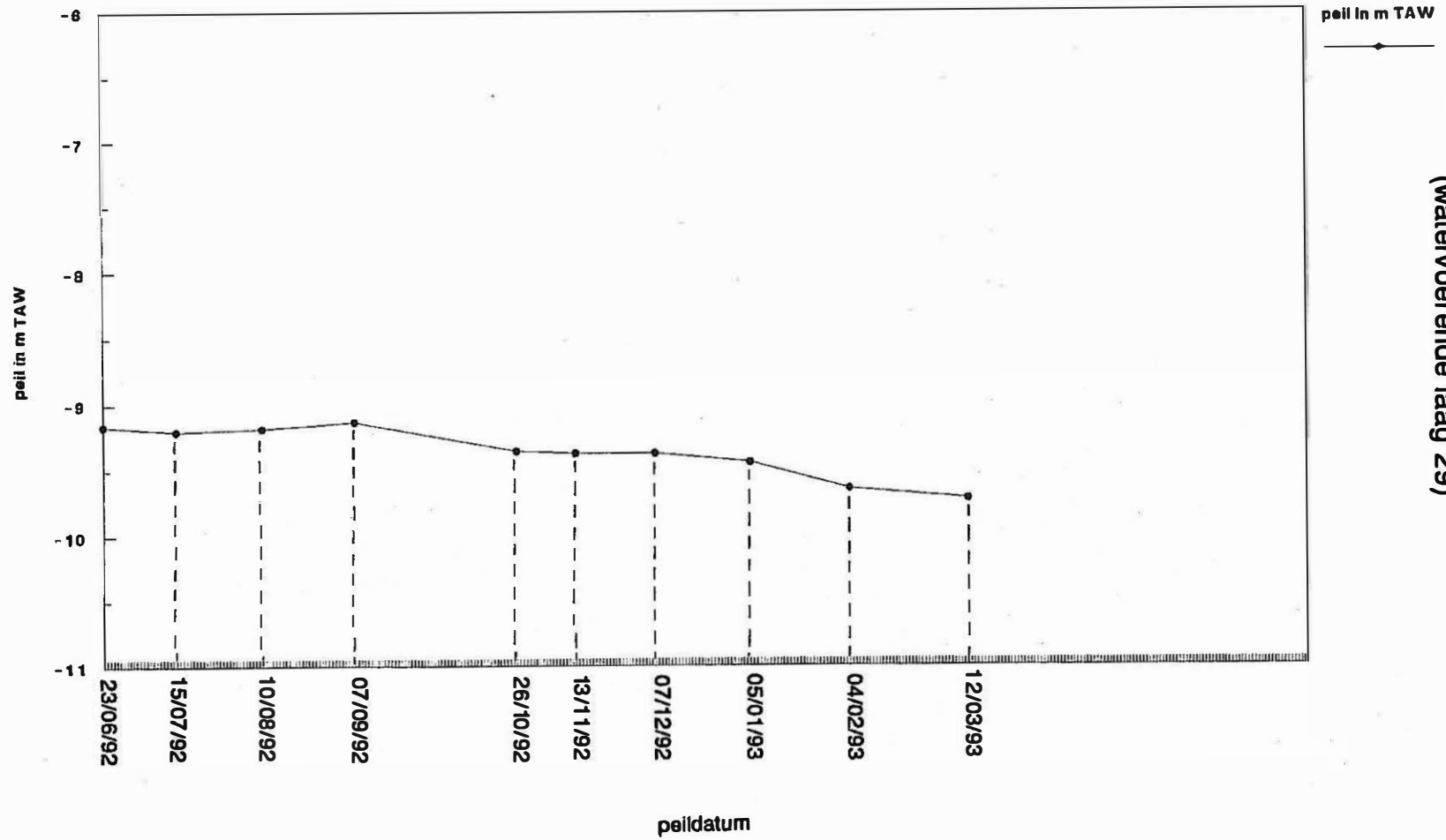


**Ledo-Panlsellaan**  
(wateroverende laag 29)

PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
BEVEREN-WAAS 16.6 202

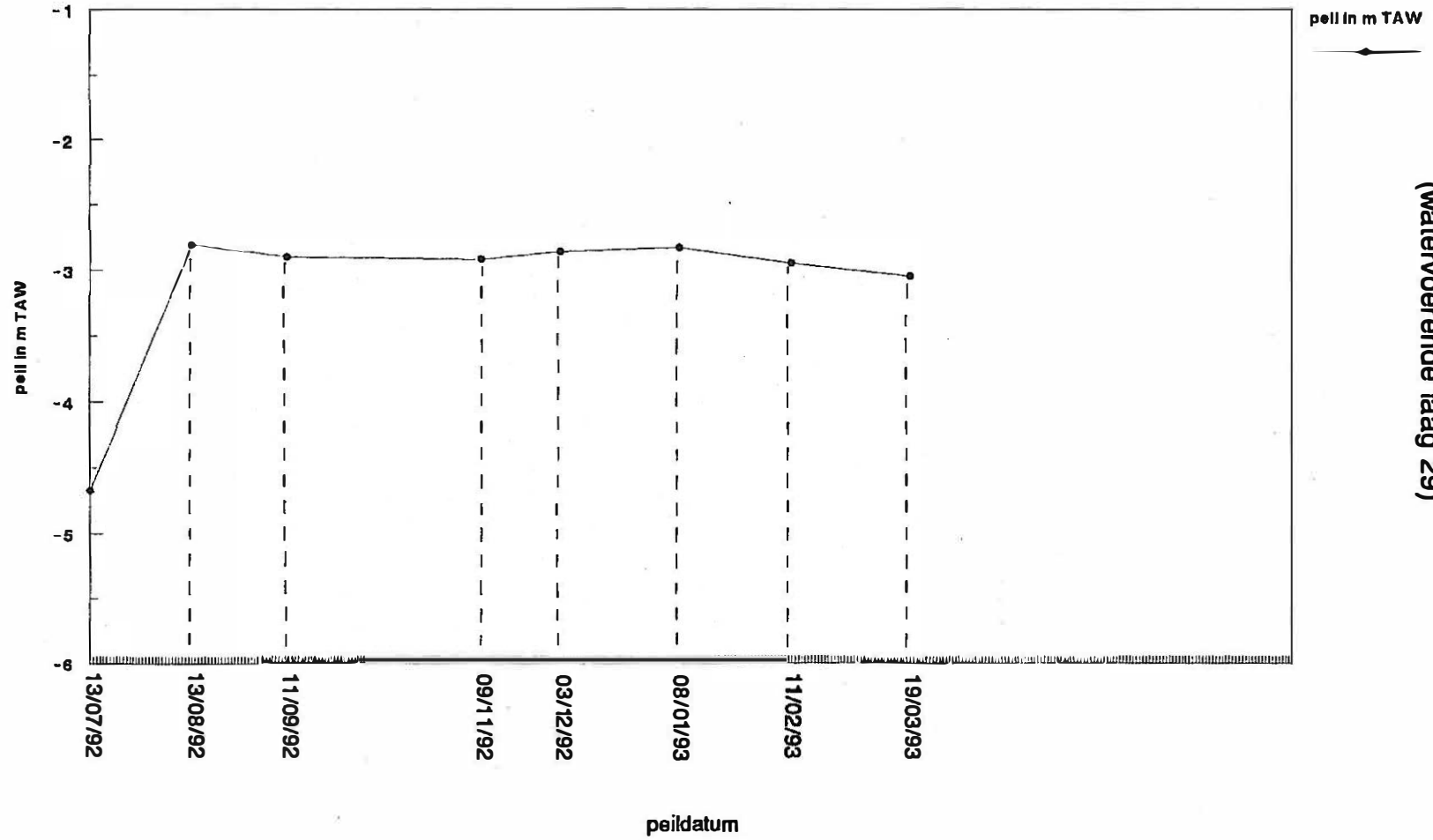


PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
LOKEREN 14.7 60 1

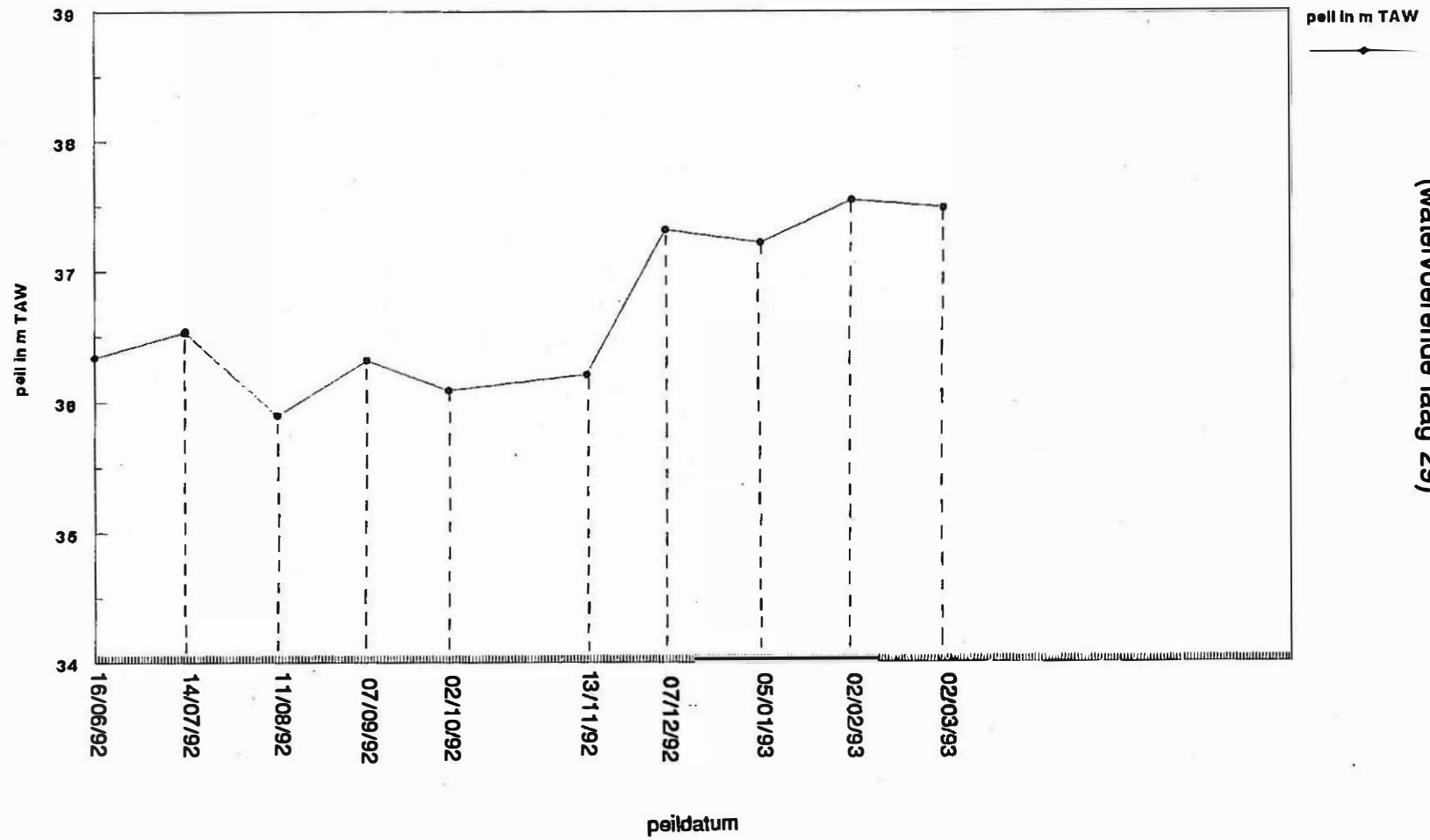


**Ledo-Panisselaan**  
(watervoerende laag 29)

PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
SINT-LAUREINS 13.4 303



PRIMAIR MEETNET  
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN  
MOORSEL 23.6 501



**Ledo-Paniseilaan**  
(waterveerende laag 29)



8730 BEERNEM

